COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT QUATRE-VINGT-TREIZIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1931.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS et Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1931

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 JUILLET 1931.

PRÉSIDENCE DE M. Robert BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion de la Fête Nationale la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 15 juillet au lieu du lundi 13.

M. **Émile Picard**, en déposant sur le Bureau ses *Leçons sur quelques applications analytiques de la Théorie des courbes et des surfaces algébriques*, s'exprime comme il suit :

J'ai déjà publié dans les *Cahiers scientifiques* de M. Julia trois volumes où se trouvent résumés les cours que j'ai faits à la Sorbonne à différentes époques. Dans ce nouveau volume, qui contient mon cours de 1930 et qui a été rédigé par M. Dieudonné, je traite de diverses questions se rattachant à la théorie des fonctions algébriques. Depuis quarante ans, j'ai traité plusieurs fois dans mon enseignement de la théorie des fonctions abéliennes, notamment du problème de l'inversion d'après Riemann. C'est ce que l'on

trouvera dans les premiers chapitres de ce volume, avec des questions connexes comme la relation nécessaires entre les périodes d'une fonction quadruplement périodique.

Je m'occupe ensuite de propositions se rapportant à mes travaux sur les courbes de genre supérieur à l'unité, pour lesquelles on rencontre des particularités remarquables qui ne se présentent pas pour les courbes des deux premiers genres, et je fais quelques applications à des équations différentielles d'un type simple. Ces questions ne sont pas sans rapports avec la théorie des fonctions fuchsiennes, et à ce point de vue on est conduit à l'étude d'une équation aux dérivées partielles du second ordre, familière aux géomètres qui se sont occupés des surfaces à courbure constante. En ce qui concerne la théorie des fonctions, une question intéressante est relative à l'intégration de cette équation sur une surface de Riemann fermée; un chapitre est réservé à ce problème.

Après quelques remarques sur les fonctions harmoniques, j'aborde la théorie des fonctions algébriques de deux variables indépendantes, à laquelle est consacré le reste de ces Leçons. Les théorèmes fondamentaux relatifs aux intégrales de différentielles totales de première, seconde et troisième espèce relatives à une surface algébrique sont étudiés assez complètement, ainsi que la connexion linéaire. Je me place au même point de vue que dans toutes mes recherches sur les surfaces algébriques, les problèmes d'*Analysis situs* étant toujours ramenés à l'étude d'une certaine équation différentielle linéaire; c'est ainsi que le nombre des intégrales distinctes de différentielles totales de seconde espèce est exprimé par le nombre des polynomes satisfaisant à cette équation. J'ai été moins explicite, en ce qui concerne les intégrales doubles attachées à une surface. Je me suis seulement proposé ici d'indiquer les notions générales et la marche des démonstrations, avec des renvois très précis à ma *Théorie des fonctions algébriques de deux variables*, qui permettront facilement de rétablir les compléments nécessaires pour tout ce qui concerne les formules essentielles relatives aux intégrales doubles de seconde espèce et au nombre de leurs périodes.

Ce volume se termine par la reproduction de Mémoires parus antérieurement. Un d'eux est relatif à l'impossibilité de certains systèmes de groupes de points sur une surface algébrique; un autre donne des exemples de surfaces hyperfuchsiennes et de surfaces hyperabéliennes; un troisième traite de questions relatives à la connexion linéaire et aux surfaces adjointes d'une surface algébrique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Application de l'analyse quantitative spectrophotométrique de l'allantoïne au sang de quelques mammifères et à la graine de nombreux végétaux* (¹). Note de MM. **R. Fosse**, **A. Brunel** et **P.-E. Thomas**.

I. Dosage de l'allantoïne dans le sérum (bœuf, veau, cheval, mouton et porc) (²). — *Mode opératoire.* — Placer au bain d'eau, à 40°, en vases clos :

Sérum	5^{cm^3}
Eau	20^{cm^3}
Soja hispida	$0^{g},25$
Cyanure de potassium	$0^{g},015$
Sesquicarbonate d'ammonium	$0^{g},05$
Chloroforme	5 gouttes

Après quinze heures de fermentation, traiter le liquide d'après les indications de notre précédente Note (¹), paragraphe 3.

Le tableau suivant montre que l'allantoïne contenue dans le sérum d'animaux tués à l'abattoir varie entre $10^{mg},7$ et $26^{mg},9$ par litre. Ces expériences seront reprises sur le sérum d'animaux vivants, normalement alimentés et d'âge connu :

	Volume initial.	Volume final.	θ_0.	θ.	δ_0.	δ.	Δ.	Allantoïne pour 1000^{cm^3} de sérum.
	cm³	cm³						mg
Bœuf 1...	10	20	45°15	35°15	0,297	0,477	0,180	12,4
» 2...	–	–	39°	28°54	0,402	0,631	0,229	15,8
» 3...	–	–	39°	28°54	0,402	0,631	0,229	15,8
» 4...	–	–	44°15	36°5	0,304	0,460	0,156	10,7
» 5...	–	–	40°38	26°45	0,372	0,693	0,321	22,2
» 6...	–	–	42°22	27°55	0,343	0,655	0,312	21,6
Veau 1...	5	–	40°30	31°25	0,375	0,566	0,191	26,5
» 2...	10	–	49°	28°47	0,244	0,635	0,391	26,9
» 3...	–	–	44°30	30°13	0,308	0,596	0,288	19,8
» 4...	–	–	43°30	32°35	0,324	0,537	0,213	15,4
» 5...	–	–	46°	33°8	0,286	0,525	0,239	16,6
Cheval....	5	–	51°	44°12	0,219	0,313	0,094	12,8
Mouton...	–	–	50°	41°16	0,231	0,371	0,140	19,2
Porc 1...	–	–	47°	41°8	0,272	0,364	0,092	12,4
» 2...	10	–	50°	34°20	0,231	0,497	0,266	18,3
» 3...	–	–	44°	33°43	0,316	0,511	0,195	13,4

(¹) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1615.

(²) Andrew Hunter a réussi à isoler l'allantoïne pure du sang de plusieurs mammifères avec un rendement de $7^{mg},8$ par litre pour le sérum de bœuf et de $5^{mg},7$ pour le sérum de porc (*Journal of Biol. Chem.*, 28, 1917, p. 369-374).

2. DOSAGE DE L'ALLANTOÏNE DANS LES GRAINES (1). — *Mode opératoire.* — Placer au bain d'eau à 40° :

Graine finement broyée	1g
Eau	20cm³
Soja hispida	0g,2
Cyanure de potassium	0g,015
Sesqui carbonate d'ammonium	0g,05
Chloroforme	5 gouttes

Après une nuit de fermentation, introduire 5cm³ du liquide filtré dans un tube à centrifuger; déféquer par le tungstate de sodium à 10 pour 100 et l'acide sulfurique 2/3N; filtrer sur filtre sans plis dans une fiole jaugée de 20cm³; délayer dans 3 à 4cm³ d'acide chlorydrique N/100; ajouter une goutte de tungstate et d'acide sulfurique; centrifuger; filtrer; répéter deux fois le même traitement; compléter à 20cm³ avec HCl N/100; puis, suivre le mode opératoire déjà décrit (2).

Quand la teneur en allantoïne de la graine dépasse 0g,8 par kilogramme, une dilution plus forte devient nécessaire, le dosage spectrophotométrique ne pouvant être exécuté sur des liqueurs trop colorées.

Les recherches ont porté sur des graines de récolte récente ou très ancienne, aimablement mises à notre disposition par M. Henri Lecomte.

Cinquante individus ont été étudiés, de familles diverses :

Liliacées	Composées	Crucifères
Graminées	Urticacées	Légumineuses
Ombellifères	Polygonacées	Cucurbitacées
Solanacées	Chénopodiacées	

Noms.	Année.	θ_0.	θ.	δ_0.	δ.	Δ.	Allantoïne pour 1000g de grains.
			Liliacées.				
Allium porrum (Poireau)	1930	41°30	37°27	0,357	0,432	0,075	g 0,02
Allium cepa (Ail)	–	46°45	33°5	0,275	0,526	0,251	0,138

(1) Découverte en 1881 par Schultze et Barbièri dans les végétaux (Erable, Platane), l'allantoïne a été depuis rencontrée dans quelques graines : Tabac (Scurti et Perciaboso); Datura (de Plato); Froment (Power et Salvay, Fosse, Brunel, De Graeve, Thomas et Sarazin); Orge, Maïs, Pois, Soja (*Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1153).

(2) *Loc. cit.*

Noms.	Année.	θ_0.	θ.	δ_0.	δ.	Δ.	Allantoïne p. 1000g de graine.
			Graminées.				
Zea mays (Maïs)	1930	42°15	25°55	0,345	0,719	0,374	0g,103
Triticum sativum (Blé)	1927	38°	13°20	0,421	1,274	0,853	0,193
Triticum sativum (Blé de Pologne)	–	40°26	26°22	0,376	0,736	0,360	0,198
Hordeum vulgare (Orge Chevalier)	–	48°	18°25	0,250	0, 10	0,743	0,206
Hordeum vulgare (Escourgeon)	–	41°	32°37	0,366	0,537	0,171	0,117
Avena sativa (Avoine)	–	50°	33°13	0,231	0,523	0,292	0,159
Sorghum vulgare (Sorgho du Soudan)	1930	47°	31°36	0,271	0,561	0,290	0,158
Oryza sativa (Riz d'Égypte)	–	46°30	36°29	0,279	0,448	0,169	0,091
			Ombellifères.				
Carum petroselinum (Persil)	1927	29°16	23°	0,621	0,816	0,195	0,053
Daucus carotta (Carotte)	–	27°45	11°25	0,664	1,407	0,743	0,414
			Solanacées.				
Nicotiana tabacum (Tabac)	1927	41°30	20°52	0,357	0,897	0,540	0,748
Lycopersicum esculentum (Tomate)	–	41°30	6°6	0,355	1,947	1,592	0,884
			Composées.				
Lactuca sativa (Laitue romaine)	1927	47°20	37°22	0,343	0,433	0,09	0,049
			Urticacées.				
Urtica dioïca (Ortie)	1930	37°22	16°8	0,433	1,112	0,679	0,374
Cannabis sativa (Chanvre)	–	48°30	29°51	0,251	0,606	0,355	0,195
			Polygonacées.				
Fagopyrum esculentum (Sarrazin)	1930	49°	37°5	0,244	0,439	0,195	0,054
			Chénopodiacées.				
Beta vulgaris (Betterave)	1927	27°43	9°29	0,665	1,566	0,901	0,250
Spinacia oleracea (Épinard)	–	40°10	18°5	0,381	1,016	0,635	0,880
			Crucifères.				
Brassica oleracea bullata (Chou de Milan)	1927	33°48	27°41	0,509	0,666	0,159	0,043

	Année.	θ_0.	θ.	δ_0.	δ.	Δ.	Allantoïne p. 1000g de graine.
Brassica napus (Navet).......	–	41°50	38°10	0,351	0,418	0,067	0,036
Sinapis nigra (Moutarde).....	–	37°40	28°35	0,428	0,640	0,212	0,058
Raphanus sativus (Radis).....	–	37°24	11°14	0,433	1,421	0,988	0,547
Lepidium sativum (Cresson)..	–	37°	26°54	0,441	0,689	0,248	0,136
Légumineuses.							
Soja hispida (Japon).........	1878	45°	40°39	0,301	0,372	0,071	0,039
Soja hispida.................	1927	46°	32°10	0,286	0,547	0,261	0,171
Soja hispida.................	1930	45°15	28°40	0,297	0,638	0,341	0,188
Soja hispida (Mandchourie)...	1930	46°	33°49	0,286	0,532	0,246	0,135
Phaseolus lunatus (Pois des Cafres)....................	1878	48°	36°32	0,258	0,450	0,192	0,106
Phaseolus mungo...........	1905	48°	19°45	0,258	0,942	0,684	1,79
Phaseolus vulgaris (Flageolet).	1914	48°	10°30	0,258	1,479	1,221	0,677
Phaseolus vulgaris (Princesse à rames)..................	1930	48°	14°19	0,258	1,213	0,995	0,529
Phaseolus vulgaris (Mange-tout de Saint-Fiacre)............	1927	48°	10°30	0,258	1,479	1,221	0,677
Dolichos sinensis (Bannette) [1].	1930	50°	10°55	0,231	1,445	1,214	3,360
Pisum sativum (Prince Albert).	1927	44°	38°54	0,316	0,404	0,088	0,047
Cicer arietinum (Pois chiche).	1878	48°	40°6	0,258	0,382	0,124	0,068
Cicer arietinum (Pois chiche).	1927	48°	43°50	0,258	0,319	0,061	0,034
Faba vulgaris (Fève de Nouvelle-Zélande)..............	1887	48°	43°30	0,258	0,322	0,064	0,036
Faba vulgaris (Fève des marais).	1927	47°	42°27	0,272	0,556	0,064	0,036
Medicago sativa (Luzerne)....	1927	38°50	25°9	0,405	0,743	0,338	0,090
Melilotus officinalis (Mélilot).	1927	40°30	25°55	0,375	0,719	0,344	0,189
Lotus corniculatus (Lotier)...	1930	34°	18°33	0,316	0,995	0,579	0,321
Coronilla varia (Coronille)...	1927	40°35	36°54	0,373	0,441	0,068	0,037
Lupinus albus (Lupin blanc)..	1927	31°30	22°7	0,564	0,848	0,284	0,157
Lathyrus latifolius (Gesse)...	1927	38°15	11°52	0,416	1,374	0,958	0,532
Genista scoparia (Genêt).....	1927	45°15	37°44	0,297	0,426	0,129	0,070
Canavallia ensiformis (Haricot sabre des tropiques) [1].....	1927	46°20	37°12	0,281	0,437	0,156	0,085
Cucurbitacées.							
Cucumis sativus (Concombre).	1927	41°40	35°24	0,355	0,474	0,119	0,065
Cucurbita maxima (Potiron).	1927	46°	36°18	0,286	0,455	0,169	0,094

(1) D. Bois, *Les plantes alimentaires chez tous les peuples et à travers les âges*, Paris, 1927, p. 161 et 137.

3. Par leur teneur très variable en allantoïne, comprise entre 0g,02 et 3g,3 par kilogramme, les cinquante végétaux se répartissent en quatre catégories :

Allantoïne par kilogramme.	Nombre d'individus.
g g	
0,02 à 0,09	20
0,1 à 0,41	20
0,5 à 0,88	8
1,7 à 3,3	2

Deux graines se distinguent nettement des autres par leur remarquable richesse en allantoïne : *Phaseolus mungo* (1g,7) et *Dolichos sinensis* (3g,3). Cet ureide est-il un principe constant des végétaux? Des expériences sont poursuivies pour répondre à cette question.

GÉOLOGIE. — *Existence de restes organiques et notamment d'Algues siphonées verticillées dans le système schisto-calcaire du Congo belge.* Note de M. **L. Cayeux.**

Malgré les recherches extrêmement actives des ingénieurs et géologues les formations sédimentaires les plus anciennes du Congo belge n'ont jamais fourni le moindre débris organique permettant de les dater et d'en fixer le milieu générateur en toute certitude. D'après MM. F. Delhaye et M. Sluys (1) ces formations se résolvent, dans le Bas-Congo, en un système schisto-calcaire que surmonte un système schisto-gréseux, le tout superposé à un conglomérat d'origine supposée glaciaire.

Puissant d'un millier de mètres, poudingue non compris, le système schisto-calcaire renferme, entre autres dépôts, des calcaires de types variés, très intéressants à plusieurs titres. A deux niveaux différents [niveaux de la Luanza (C^3) et de la Lukunga (C^4) de MM. F. Delhaye et M. Sluys], il existe des calcaires oolithiques, particulièrement fréquents dans le second, où ils sont accompagnés de silex extrêmement abondants.

L'analyse de nombreux matériaux rapportés de ses multiples missions

(1) F. Delhaye et M. Sluys, *Les calcaires du Bas-Congo*, 79 p., 5 pl., et 1 carte géol. (Extr. *Rev. gén. Col. Congo belge*, novembre 1920 et février 1921); *Esquisse géologique du Congo occidental. Étude du système schisto-calcaire* [*Ann. Soc. géol. Belgique, Publ. sp. relative au Congo belge* (années 1923-1924), 1929, p. 45-191, 9 pl.].

par M. F. Delhaye, et mis très obligeamment à ma disposition, sans donner aux questions posées par l'étude du système schisto-calcaire la solution attendue depuis longtemps, restreint et de beaucoup le champ des hypothèses à envisager. Il suffit de jeter un coup d'œil sur la belle carte, récemment publiée par M. Fourmarier, pour se rendre compte que cette solution intéresse tout un immense domaine du continent africain.

Parmi les calcaires d'aspect oolithique du niveau de la Lukunga (C^4), il en est qui sont complètement silicifiés et caractérisés par de belles oolithes se détachant en noir sur un fond de teinte gris clair. L'emploi du microscope permet de répartir ces roches silicifiées en deux groupes bien distincts, l'un comprenant des calcaires oolithiques proprement dits et l'autre des calcaires pseudoolithiques. Ces derniers sont formés de globules noirs, mesurant jusqu'à plusieurs millimètres de diamètre, confondus avec de grosses oolithes, qui ne sont pas autre chose que des portions remaniées d'un seul et même calcaire, converties en éléments d'apparence oolithique. Qu'ils soient oolithiques ou pseudoolithiques, ces calcaires sont entièrement quartzifiés et transformés en quartzites d'origine secondaire, c'est-à-dire en quartzolithes [L. Cayeux, *Les roches sédimentaires de France, Roches siliceuses* (*Mém. Carte Géol. France,* 1929, p. 689)].

C'est dans un pareil milieu, et uniquement dans les pseudoolithes, qu'on peut observer des structures organisées. Pour le moment, les formes déchiffrables ne figurent que dans un nombre très limité d'éléments. Les unes, qui représentent une minorité, échappent complètement au premier abord, tandis que les autres sollicitent immédiatement l'attention, autant par leur taille que par leur degré de fréquence.

A cette minorité correspondent de petits tubes cylindriques parfaitement conservés, exigus au point d'être inclus en entier dans l'épaisseur des préparations. On y reconnaît, avec toute la netteté désirable, l'existence de pores à section ovalaire, très régulièrement ordonnés par rangées transversales de six, les tubes les mieux conservés permettant de compter de six à neuf rangées distinctes. Les pores sont tellement grands, eu égard aux dimensions des cylindres et à la minceur de leurs parois, qu'il en résulte des édifices extrêmement délicats, comportant au total une très petite quantité de matière. Pour fixer les idées, notons qu'un tube mesurant $0^{mm},06$ de long n'a qu'un diamètre de $0^{mm},02$, inférieur à l'épaisseur des coupes minces.

La structure en question, très claire dans toutes ses parties, se rapporte, sans nul doute, à des *Algues siphonées verticillées*.

Le second groupe abonde dans certaines fausses oolithes qui en sont littéralement pétries. Tous ses représentants résultent de l'enroulement d'un petit tube cylindrique, non cloisonné, mesurant environ $0^{mm},02$ de diamètre intérieur. De cet enroulement résultent des formes cylindriques très répandues et des formes subsphériques ou coniques, exceptionnelles par rapport aux premières. Quelques individus seulement laissent reconnaître le mode d'enroulement des tubes, qui est alors celui d'une spire, surbaissée au point qu'il donne à première vue l'impression d'être circulaire. Les autres sont insuffisamment dégagés de la gangue pour les définir sans risque d'erreur, mais on ne peut hésiter qu'entre le type d'enroulement précédent et un agencement circulaire. Des cylindres mesurent $0^{mm},24$ de long et $0^{mm},16$ de diamètre. L'ordre de grandeur reste le même dans toute la série observée.

Cette microstructure, comme d'ailleurs celle des Algues siphonées verticillées, ressort très distinctement du fait que toutes les parties pleines sont invariablement hyalines, alors que les vides sont mis en évidence par un pigment gris foncé, dont la distribution n'est nullement affectée par la cristallisation très large du fond quartzeux de la roche.

La question des affinités de ces organismes tubulaires ne comporte malheureusement pas de solution rigoureuse. Par voie d'éliminations successives, je les rapporte à des Algues, diagnostic qui a bien des chances d'être l'expression de la vérité.

Les organismes qui viennent d'être signalés ne sont pas les seuls en présence, mais rien ne fait supposer l'existence d'un groupe autre que celui des Algues. De sorte qu'en l'état des connaissances le système schisto-calcaire, aussi bien du Congo belge que du Congo français, est caractérisé par des Algues et rien que par des Algues. Peu importe que les types observés diffèrent beaucoup de part et d'autre, la question de l'âge absolu des dépôts se pose exactement de la même manière, et la solution envisagée pour le système schisto-calcaire du Congo français (1) s'applique à celui du Congo belge.

La découverte d'Algues siphonées verticillées dans le système schisto-calcaire du Congo belge, tout en attestant son origine marine, d'ailleurs démontrée par de multiples caractères pétrographiques, fait ressortir une remarquable similitude de conditions de milieu, réalisées sur d'immenses surfaces correspondant pour le moins à tout le Congo.

---

(1) L. Cayeux, *Existence de deux groupes d'Algues à structure conservée dans le système schisto-calcaire du Congo français* (*C. R.*, 190, 1930, p. 190).

La roche mère qui a fourni les matériaux des pseudoolithes reste à découvrir, si tant est qu'il en subsiste des témoins en place. L'histoire des phénomènes qui l'ont convertie, en tout ou partie, en pseudoolithes paraît revêtir une grande complexité, car certains éléments ont enregistré jusqu'à quatre remaniements successifs. C'est dire combien il serait intéressant de déterminer le milieu générateur des fausses oolithes.

CORRESPONDANCE.

Les Curateurs et le Sénat de l'Université d'Amsterdam invitent l'Académie à se faire représenter à la commémoration du troisième centenaire de l'*Atheneum illustre*, le 27 juin 1932.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *The* Academia sinica *and its National Research Institutes.*

2° Ministerio dell' Aeronautica. Aviazione civile e Traffico aereo. *Annali dell' Ufficio Presagi.* Volumes I, II, III.

3° *La naissance de la Terre et de ses satellites. Leur évolution cosmique*, par Émile Belot. (Présenté par M. E. Esclangon.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les valeurs des fonctions analytiques au voisinage de la frontière d'un domaine de régularité.* Note de M. **S. Stoïlow.**

1. Dans sa Thèse M. Iversen ([1]) a démontré que toute fonction $Z = f(z)$, méromorphe partout à distance finie, possède la propriété suivante : quel que soit le chemin (Γ) tracé dans le plan de Z, à partir d'une valeur quelconque Z_0 prise par $f(z)$ et aboutissant en un point quelconque Z_1 du plan, on peut faire le prolongement de l'élément (Z_0, z_0) de la fonction inverse

([1]) Helsingfors (1914). M. Valiron a donné de cette proposition une démonstration très simple : *Comptes rendus*, 166, 1918, p. 382.

de $Z = f(z)$ le long d'un chemin aussi voisin qu'on le voudra de (Γ) et aboutissant en Z_1.

Des exemples simples (que l'on peut former avec la fonction modulaire ou d'autres fonctions analogues) montrent que la *classe* (I) de toutes les fonctions uniformes dans un domaine quelconque, qui satisfont à la propriété de M. Iversen (de façon que les valeurs obtenues par le prolongement de l'inverse ne sortent pas du domaine dans lequel on considère la fonction donnée), est beaucoup plus vaste que celle des fonctions méromorphes partout à distance finie. Le but de cette Note est d'indiquer quelques résultats généraux que l'on peut obtenir pour ces fonctions; résultats dont les démonstrations paraîtront dans un autre recueil.

2. Soit (δ) le domaine dans lequel $Z = f(z)$ est supposée uniforme, méromorphe et de la classe (I) Soit (σ) la frontière de (δ).

Les valeurs limites de $f(z)$ dans (δ) (que l'on obtient en considérant les suites de points z de (δ) dont la distance à (σ) tend vers zéro) forment un ensemble fermé (L).

Son complémentaire sur le plan (Z) est constitué par une suite de domaines (Δ_i), chacun formé par des valeurs prises le même nombre de fois (dépendant de i) par $f(z)$ dans (δ).

On peut d'abord démontrer la proposition suivante qui marque deux catégories bien distinctes de fonctions $f(z)$:

I. *Si $f(z)$ est dans (δ) de la classe* (I) *et méromorphe, seul l'un des deux cas suivants peut se présenter :*

1° *L'ensemble* (L) *couvre tout le plan* (Z) (y compris le point à l'infini).

2° *L'ensemble* (L) *est totalement discontinu.*

Dans le premier cas la fonction satisfait donc au théorème de Weierstrass sur le voisinage d'un point singulier essentiel isolé, *mais pour l'ensemble* (σ). On peut prendre, en particulier, pour (δ) tout le domaine d'existence de $f(z)$ (y compris les pôles) si cette fonction est uniforme et si elle est dans ce domaine de la classe (I). L'ensemble (σ) est alors celui des points singuliers non polaires.

Dans le second cas, il n'y a qu'un seul domaine (Δ_i); toute valeur non limite est prise le même nombre n de fois, les autres valeurs étant prises au plus n fois.

Le théorème de Picard trouve ici une extension dans la proposition suivante qu'il serait peut-être possible de préciser davantage :

II. *Dans le premier cas de la proposition* I, *les valeurs prises p fois au plus dans (δ) (p fini quelconque), forment un ensemble totalement discontinu.*

Enfin, si l'on distingue, parmi les valeurs limites, les valeurs *asymptotiques* qui s'obtiennent lorsque l'on tend, dans (δ), vers (σ) suivant un chemin quelconque [qui d'ailleurs peut ne tendre vers aucun point déterminé de (σ)], on peut établir cette troisième proposition (cf. : Iversen, *loc. cit.*) :

III. *Toute valeur prise, dans* (δ), *un nombre fini de fois dans le premier cas de la proposition* I, *ou prise un nombre de fois inférieur à n dans le deuxième cas, est une valeur asymptotique dans* (δ).

Un cas particulier assez étendu de fonctions appartenant à la classe (I) dans (δ) est constitué par les fonctions dont les valeurs asymptotiques dans ce domaine forment, dans le plan (Z), un ensemble ponctuel (ou vide).

3° Les démonstrations des résultats indiqués ici sont de nature purement topologique et font appel à des considérations que j'ai développées dans des publications antérieures. Il est donc loisible, en prenant certaines précautions, de remplacer le plan de z par une surface de Riemann et d'étendre ainsi les résultats à des fonctions non uniformes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur des suites de facteurs conservant la classe d'une série de Fourier et aussi même de certaines propriétés individuelles locales de la fonction correspondante.* Note de M. **M. Fekete**, présentée par M. Hadamard.

1. On sait que la condition nécessaire et suffisante pour qu'une suite $\{\lambda_n\}$ de facteurs transforme toute série de Fourier

$$\frac{a_0}{2}+\sum_{n=1}^{\infty}(a_n\cos nx+b_n\sin nx), \tag{1}$$

appartenant à une fonction $f(x)$ de la classe $l_i(i=1, \ldots, 6)$ des fonctions : 1° intégrables L, 2° bornées, 3° intégrables R, 4° continues, 5° à variations bornées, 6° absolument continues, en une série de Fourier

$$\frac{a_0\lambda_0}{2}+\sum_{n=1}^{\infty}\lambda_n(a_n\cos nx+b_n\sin nx), \tag{2}$$

appartenant à une fonction $f_{\{\lambda_n\}}(x)$ de la même classe (respectivement en la série conjuguée d'une telle série) est que

$$\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\lambda_n\sin nx}{n}, \tag{3}$$

soit le développement de Fourier d'une fonction $l(x)$ à variation bornée (ou la série conjuguée d'une telle série) (cf. FEKETE, *Acta*, Szeged, 1, 1923, p. 148-166; BOCHNER, *ibid.*, 4, 1929, p. 125-129; ZYGMUND, *Bull. Ac. polon.*, 1927, p. 343-347).

2. On peut aussi chercher les conditions nécessaires et suffisantes pour que la suite $\{\lambda_n\}$ de facteurs, conservant la classe de la série (1), conserve aussi même la propriété individuelle d'un certain type de la fonction correspondante $f(x)$, en tout point ξ entre 0 et 2π où elle a lieu.

J'ai précédemment établi [1], à l'aide des résultats cités ci-dessus, que pour la classe l_5 des fonctions à variation bornée et considérant comme propriété individuelle locale la continuité ou la discontinuité de première espèce, les conditions cherchées sont que la fonction $l(x)$, appartenant à la série (3), soit une fonction à variation bornée partout continue, excepté le point $x=0$ et les points homologues à celui-ci (mod 2π), où $l(x)$ offre une discontinuité de première espèce.

Je vais montrer que l'on peut établir facilement aussi les propriétés caractéristiques des facteurs $\{\lambda_n\}$ transformant toute série de Fourier (1) d'une fonction à variation bornée en la série de Fourier (2) d'une fonction à variation bornée, en sorte que *la dernière fonction ait une dérivée, présentant la continuité ou une discontinuité artificielle pour tout point ξ où $f(x)$ a une dérivée qui présente la continuité ou une discontinuité artificielle.*

Ces propriétés se manifestent de nouveau dans l'allure de la fonction (3). En effet il suffit de considérer la fonction spéciale

$$g(x) \sim \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin nx}{n},$$

[dont la transformée $g_{\{\lambda_n\}}(x)$ coïncide avec $l(x)$], pour voir que *les facteurs $\{\lambda_n\}$ satisfaisant aux postulats précédents, la fonction $l(x)$ est nécessairement une fonction à variation bornée, ayant une dérivée continue, excepté le point* 0 *et les points homologues à celui-ci* mod 2π, *où les limites de la dérivée à gauche et à droite coïncident.*

3. Réciproquement, *la fonction $l(x)$ présentant ces propriétés, la transformée $f_{\{\lambda_n\}}(x)$ présentera les propriétés désirées, si nous partons d'une fonction arbitraire $f(x)$ de la classe l_5*. En effet, écrivons la fonction $l(x)$ sous la forme

$$\psi(x) + \frac{D}{\pi} g(x),$$

---

[1] *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1486.

en désignant par D la différence $\lim_{x=+0} l(x) - \lim_{x=-0} l(x)$. Comme, d'après les hypothèses faites sur $l(x)$,

$$\psi(x) \sim \sum_{n=1}^{\infty} \left(\lambda_n - \frac{D}{\pi}\right) \frac{\sin n x}{n}$$

est une fonction à variation bornée, partout continue, ayant une dérivée partout continue, la transformée

$$f_{\left\{\lambda_n - \frac{D}{\pi}\right\}}(x) \sim \frac{a_0}{2}\left(\lambda_0 - \frac{D}{\pi}\right) + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\lambda_n - \frac{D}{\pi}\right)(a_n \cos nx + b_n \sin nx),$$

par la suite $\left\{\lambda_n - \frac{D}{\pi}\right\}$ de la fonction $f(x)$ à variation bornée, est elle-même une fonction à variation bornée, partout continue, *ayant une dérivée partout continue*, puisque la transformée de $f(x)$ par la suite $\left\{\frac{D}{\pi}\right\}$

$$f_{\left\{\frac{D}{\pi}\right\}}(x) \sim \frac{a_0 D}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{D}{\pi}(a_n \cos nx + b_n \sin nx) = \frac{D}{\pi} f(x)$$

offre les mêmes propriétés locales que $f(x)$. Le reste ressort de l'identité

$$f_{\{\lambda_n\}}(x) = f_{\left\{\lambda_n - \frac{D}{\pi}\right\}}(x) + f_{\left\{\frac{D}{\pi}\right\}}(x)$$

L'assertion concernant l'existence et la continuité de la dérivée du $f_{\left\{\lambda_n - \frac{D}{\pi}\right\}}(x)$ résulte de la formule

$$f_{\left\{\lambda_n - \frac{D}{\pi}\right\}}(x) = \psi_{\{nb_n\}}(x) + \overline{\psi}_{\{na_n\}}(x) \qquad \left[\overline{\psi}(x) \sim \sum_{n=1}^{\infty} \left(\lambda_n - \frac{D}{\pi}\right) \frac{\cos n x}{n}\right].$$

En effet, la fonction $f(x)$ appartenant à la classe l_3, la fonction

$$\rho(x) = \frac{f(x) - f(-x)}{2} \sim \sum \frac{n b_n \sin n x}{n},$$

respectivement

$$\sigma(x) = \frac{f(x) + f(-x)}{2} \sim \sum \frac{n a_n \cos n x}{n},$$

remplira la condition suffisante citée pour que la transformée du développement de $\psi(x)$ par la suite $\{nb_n\}$, ou la transformée de la série conjuguée du développement mentionné par la suite $\{na_n\}$ soit la série de Fourier d'une fonction de la classe l_1 des fonctions partout continues.

Ainsi, la série $\sum \left(\lambda_n - \frac{D}{\pi}\right)(a_n \cos nx + b_n \sin nx)$ se déduisant, par l'inté-

gration terme à terme, de la série de Fourier d'une fonction $h(x)$ de la classe l_1, elle donne le développement de Fourier de la fonction partout continue $\int_0^x h(t)\,dt + \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} h(t)\,dt\,g(x)$, ayant, pour $x \not\equiv 0 \pmod{2\pi}$, une dérivée continue; cependant cette dérivée $\Big[$c'est-à-dire

$$h(x) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} h(t)\,dt\Big]$$

convergeant vers la même limite lorsque x tend, à droite ou à gauche, vers le point O, la somme mentionnée aura, en vertu du théorème de la moyenne, une dérivée continue aussi pour $x \equiv 0 \pmod{2\pi}$.

4. On a des résultats correspondants dans le cas où les facteurs $\{\lambda_n\}$ conservent l'existence et la continuité ou la discontinuité artificielle de la dérivée d'ordre supérieur à un de la fonction représentée par (1).

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Appareil d'étude des phénomènes d'injection et de combustion dans les moteurs par l'ultra-cinématographe.* Note [1] de MM. **Laurent** et **Augustin Seguin** et **André Labarthe**, présentée par M. G. Kœnigs.

L'appareil présenté est un premier dispositif permettant l'étude du phénomène d'injection de combustible dans les moteurs Diesel.

Une combustion est obtenue dans les mêmes conditions de température et de pression que pour un moteur et, dans le cas d'un Diesel, on injecte le combustible à l'intérieur de la masse d'air comburante.

La cinématographie de toutes les phases du phénomène est réalisée pendant une seule opération. L'étude entreprise détermine les lois de l'injection dans l'air et, par l'emploi des gaz inertes, la pénétration des jets.

Ce dispositif complété par un deuxième appareil mesurant la force vive des jets et permettant de déterminer les dimensions des gouttelettes de combustible.

Une chambre à parois très résistantes, remplie d'air comprimé et chaud, est munie de deux hublots dont l'un est placé devant une lampe à néon spécialement étudiée par M. G. Claude. Un injecteur placé sur cette chambre est alimenté par une pompe à haute pression du modèle employé sur les moteurs Diesel. Ce dispositif est équipé avec le cinématographe ultra-rapide

(1) Séance du 6 juin 1931.

de L. et A. Seguin, utilisant le stroborama des mêmes auteurs, présenté il y a quelques années. La série des images correspondant à un train d'éclairs passant dans le tube est projetée par un objectif photographique sur un disque de film tournant à grande vitesse. Un dispositif d'éclateur tournant permet de charger, par un condensateur réservoir de 8 microfarads sous 8000 volts, un condensateur de $\frac{16}{100}$ de microfarad dans le circuit duquel est branché un tube à néon.

L'éclateur tournant est disposé de telle sorte que les pôles sont inversés après chaque éclair, de manière à utiliser aux bornes du tube une tension double de celle du condensateur réservoir, soit 16000 volts. Dans ces conditions le tube, dont la tension normale d'amorçage est de 1000 volts, absorbe au moment de chaque éclair la tension de 16000 volts qu'on lui impose; ce qui change complètement la nature du spectre de néon et l'enrichit en raies violettes, augmentant ainsi considérablement son pouvoir actinique. La durée de chaque éclair étant d'autre part de l'ordre du millionième de seconde, on peut ainsi prendre des enregistrements photographiques parfaitement nets des phénomènes les plus rapides.

Un éclair étant obtenu à chaque charge du condensateur auxiliaire par le condensateur réservoir, la fréquence des éclairs n'est limitée que par la durée de la charge qui est elle aussi du millionième de seconde. Cette fréquence est donc théoriquement limitée au million par seconde.

Le dispositif présenté permet d'obtenir des fréquences comprises entre 0 et 30000 par seconde. Si les charges sont effectuées au moyen d'un projectile lancé entre des plots d'éclateurs, les fréquences peuvent être considérablement augmentées et l'on peut dépasser 100000 à la seconde. Le nombre de photographies obtenues dépend du nombre de charges que le condensateur réservoir peut fournir au condensateur auxiliaire, c'est-à-dire du rapport des capacités de ces deux condensateurs. Normalement il est suffisant pour l'étude des phénomènes courants d'obtenir 20 à 30 images, on peut pousser ce nombre à 100.

L'appareil photographique est constitué par un disque de film tournant à grande vitesse et se déplaçant parfaitement aplani par la force centrifuge devant l'objectif. Un disque témoin possédant un secteur blanc tourne à la même vitesse que le film et peut être éclairé par la même décharge que le tube à néon. Au moyen de ce dispositif on peut régler la répartition des images sur tout le développement d'un cercle en agissant sur la vitesse d'un petit moteur.

Un bras tournant, calé sur l'arbre de la pompe, détermine le départ du

train d'étincelles au moment de l'injection; un contact placé sur le clapet de refoulement de la pompe assure ce départ au moment où la vitesse de la pompe est suffisante pour réaliser la première injection normale.

ACOUSTIQUE. — *Vitesse de propagation des ondes aériennes ultra-sonores.* Note de M. **Pan Tcheng Kao**, présentée par M. Ch. Fabry.

Il existe un désaccord sensible entre la vitesse calculée de la propagation du son et celles mesurées par différents expérimentateurs. Remarquons en passant que le côté mathématique du problème est encore à l'heure actuelle inextricable, si l'on veut s'affranchir des approximations acoustiques habituelles (¹). La divergence entre la théorie et l'expérience est donc attribuable à ce que les ondes aériennes expérimentées ne sont pas d'amplitudes infiniment petites; que leur condensation ne se fait peut-être pas d'une façon parfaitement adiabatique, etc. Si l'on ne saurait réaliser des ondes d'amplitude infiniment petite, on espère toutefois améliorer l'adiabadicité en augmentant la fréquence.

Pierce a indiqué en 1925 (²) une nouvelle méthode pour la détermination de la vitesse de propagation des ultra-sons basée sur l'emploi d'un oscillateur à quartz. La particularité de cette méthode réside dans la détection des ondes ultra-sonores : le même quartz sert simultanément à émettre et à recevoir ces ondes. Le principe est en apparence très simple, il suffit en effet de déplacer un réflecteur plan devant le quartz en vibration pour que les ondes réfléchies réagissent sur ce dernier, provoquant ainsi une fluctuation périodique du courant plaque de l'oscillateur. On admet que la longueur d'onde λ est égale à deux fois la distance de deux positions du réflecteur correspondant à deux maxima consécutifs du courant plaque, c'est-à-dire la période dans l'espace. Si l'on mesure en même temps la fréquence, on aura la vitesse par la formule classique $v = \lambda f$. Pierce a ainsi trouvé une certaine dispersion et, en particulier, un relèvement de vitesse aux environs de 42 kilocycles qui lui paraissait d'ailleurs douteux. Pielemeier signala le premier en 1929 (³), l'existence des maxima secondaires qu'il appela

(¹) Conférences de M. Marcel Brillouin sur les ondes aériennes faites à l'Institut H. Poincaré en juin 1931.

(²) G. W. Pierce, *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*, 60, nº v, 1925, p. 271.

(³) W. H. Pielemeier, *Physical Review*, 33, 1929, p. 1094, et 34, 1929, p. 1184.

bosses et trouva une vitesse de propagation nettement plus grande ainsi qu'une absorption anormale près du quartz. Reid entreprit [1], plus récemment, sous la direction de Pierce, des expériences de contrôle. Il confirma la dépendance de la vitesse avec la distance réflecteur-source, et indiqua [2] une valeur limite inférieure de $331^m,63$ par seconde ($\pm$ 0,01 pour 100) entre les fréquences de 42 et 140 kilocycles.

Nous avons poursuivi pendant quatre ans, l'étude expérimentale de la vitesse de propagation des ultra-sons dans l'air par la même méthode de Pierce. Nous avons étudié avec soin non seulement les différentes causes perturbatrices, telles que la variation de la température, mais encore la zone troublée près du quartz, que nous avons observée dès le début de nos expériences, et également l'oscillateur à quartz lui-même. Il ne faut pas oublier, en effet, que nous nous faisons une idée de la propagation des ondes aériennes uniquement d'après les indications du courant plaque de l'oscillateur. Seule une meilleure compréhension des vibrations du quartz et du rôle joué par l'oscillateur, nous permettrait de distinguer parmi tout ce que nous rapporte le courant plaque, la part revenant à la propagation des ondes. A ce propos, je signalerai que nous avons mis en évidence une inversion des bosses et des maxima du courant plaque tout près du quartz ; ceci permettrait d'expliquer les anomalies citées plus haut. Quant à la vitesse de propagation, elle est de 331,85 m/sec. entre les fréquences de 40000 à 1000000, à $\pm\frac{1}{3000}$ près. Mais étant donné la grande complexité du phénomène utilisé, la prudence nous inciterait plutôt à abaisser la précision à $\frac{1}{1000}$.

Dans les limites de cette précision, l'expérience n'indique pas l'existence d'une dispersion appréciable.

MESURES ÉLECTRIQUES. — *Sur une méthode de mesure des intensités élevées en courant continu.* Note de M. **Ch. Dietsch**, présentée par M. Paul Janet.

La mesure des intensités en courant continu par le procédé usuel, qui consiste à déterminer la différence de potentiel entre deux points d'une

(1) C. D. Reid, *Physical Review*, 35, 1930, p. 814.
(2) C. D. Reid, *Physical Review*, 37, 1931, p. 1147.

résistance (shunt) parcourue par le courant, présente, lorsqu'il s'agit d'intensités élevées, de graves difficultés de réalisation. Le shunt, qui doit avoir une résistance faible, est constitué généralement par un certain nombre de conducteurs en parallèle; ces conducteurs ont des dimensions transversales qui ne sont pas négligeables devant leur longueur et il est presque impossible d'assurer entre eux une répartition uniforme du courant. Suivant la disposition des conducteurs amenant le courant au shunt, des différences de 1 à 2 pour 100 se manifestent dans l'évaluation des courants de plusieurs milliers d'ampères. Ce sont ces considérations qui nous ont amené à étudier une nouvelle méthode pour la mesure des grandes intensités en courant continu. Le principe de cette méthode est le suivant : les caractéristiques (rapport de transformation, déphasage) des transformateurs industriels servant aux mesures d'intensité des courants alternatifs sont fortement modifiées par toute modification de l'état magnétique du noyau.

Si, au cours d'une détermination des caractéristiques d'un transformateur en forme de tore, opération que divers montages permettent de réaliser par une méthode de zéro, après avoir réalisé les conditions d'équilibre, on fait circuler un courant continu assez intense dans un conducteur embroché sur le tore, on constate que l'équilibre est rompu et que le galvanomètre à courant alternatif utilisé prend une déviation.

Ceci est dû à l'aimantation provoquée dans le métal constituant le noyau magnétique par le champ circulaire créé par le courant continu circulant dans le conducteur traversant le tore.

Pour rétablir l'équilibre, c'est-à-dire pour ramener le galvanomètre au zéro, il est nécessaire de ramener le noyau dans son état primitif.

Si le métal constituant ce noyau n'avait pas d'hystérésis, on y arriverait facilement en envoyant dans un troisième enroulement, placé sur le transformateur et distinct des enroulements primaire et secondaire, un courant continu.

Pour un sens convenable et une valeur convenable le courant circulant dans cet enroulement produit un champ magnétisant égal et de sens contraire à celui qui est produit par le conducteur unique et, en désignant par I_1 l'intensité du courant circulant dans le conducteur unique, par n le nombre de spires du troisième enroulement, par I_2 le courant qui le traverse, l'équilibre serait rétabli lorsque la relation

$$I_1 = nI_2$$

serait vérifiée, relation qui permettrait de déterminer I_1 par la mesure de I_2 et la connaissance de n.

Pratiquement, par suite de l'hystérésis, lorsque la condition ci-dessus est réalisée, le noyau magnétique ne se trouve pas ramené à une aimantation nulle, mais conserve une aimantation résiduelle qui n'est autre que l'aimantation rémanente du cycle d'hystérésis ayant pour champ maximum celui qui est produit par le courant I_1.

L'action du courant alternatif d'amplitude constante utilisé pour la mesure et circulant dans les enroulements primaires et secondaires, qui donnent du reste un champ résultant très faible, diminuerait cette aimantation rémanente, mais sans la faire disparaître complètement. L'expérience montre d'autre part que, quelle que soit la valeur donnée au courant, il est absolument impossible d'annuler la déviation du galvanomètre de mesure. Ceci montre que, s'il est possible de donner au champ résultant produit par les deux enroulements parcourus par du courant continu une valeur telle que l'aimantation du noyau soit nulle, c'est-à-dire de rendre ce champ égal au champ coërcitif du cycle d'hystérésis, on ne ramène pas l'acier constituant le noyau dans le même état magnétique et que, même dans ce cas, les propriétés du transformateur restent modifiées. Pour ramener le noyau à son état primitif, il est nécessaire de le désaimanter complètement en le soumettant à des cycles d'hystérésis d'amplitude décroissante.

Le mode opératoire que nous avons employé est donc le suivant :

Le courant I_1 étant connu avec une approximation de quelques centièmes, il est facile de régler le courant dans le 3[e] enroulement de façon à ce que l'on ait approximativement $I_1 = nI_2$.

On provoque ensuite la désaimantation du noyau en faisant circuler dans l'enroulement secondaire un courant alternatif d'amplitude décroissante, puis on met en fonctionnement le dispositif de mesure. La condition $I_1 = nI_2$ n'étant pas en général exactement remplie, la déviation du galvanomètre n'est pas nulle, mais on constate qu'il est possible de l'annuler par un léger réglage du courant I_2.

La suite de désaimantations et de réglage successifs qu'on pourrait envisager n'est pas nécessaire.

L'expérience nous a montré que, moyennant quelques précautions sur lesquelles nous reviendrons dans une autre publication, il est possible de mesurer par ce procédé des intensités de l'ordre de plusieurs milliers d'ampères avec une précision de 2 à 3 millièmes.

TÉLÉGRAPHIE. — *Le secret des transmissions télégraphiques et radiotélégraphiques*. Note de M. **Édouard Belin**, présentée par M. G. Ferrié.

Le secret des transmissions télégraphiques et radiotélégraphiques peut être aisément garanti si l'on transmet les messages dans leur forme originale (Téléphotographie et Télautographie).

L'appareil destinataire enregistre une copie authentique de l'original, mais tout autre appareil, même identique, est dans l'impossibilité de recevoir un document compréhensible et cela sans qu'il soit cependant besoin ni de chiffrage avant la transmission, ni de déchiffrage après la réception.

Je considère deux cas :

1° *Machine à cryptographier*. — Ici trois opérations successives sont nécessaires :

A. Au départ et avant la transmission, la machine transforme l'original en un document brouillé illisible;

B. La transmission de ce document brouillé s'effectue par des appareils télautographiques quelconques;

C. A l'arrivée, le document reçu, brouillé comme celui de départ dont il est la copie, est mis sur une machine à cryptographier, identique mais fonctionnant en sens inverse. Après développement, on retrouve le document original.

2° *Crypto-Télégraphe*. — Avec cet appareil, qui peut aussi servir comme appareil télautographique ordinaire, une seule opération est nécessaire.

Le document original est placé sur l'appareil transmetteur, reçu sur l'appareil récepteur, en clair pour le destinataire et complètement brouillé pour tout tiers muni du même appareil.

Pour que le secret puisse être garanti, il est indispensable :

A. Qu'il n'y ait aucune émission de commande d'un appareil à l'autre;

B. Qu'on ne puisse, par un procédé quelconque, déceler aucune périodicité dans la succession des fonctions mécaniques.

La transmission peut être faite soit par reliefs agissant sur un traducteur, soit à l'aide d'une encre conductrice, soit enfin par exploration photoélectrique. Quant à la réception, elle peut être soit photographique, soit électrochimique.

La transmission par reliefs et la réception électrochimique constituent l'ensemble le plus simple.

Les arbres moteurs des deux appareils sont parfaitement synchronisés par des diapasons à fréquence suffisamment élevée agissant sur des moteurs synchrones. Une méthode télé-stroboscopique permet de régler la fréquence du diapason d'un des postes sur celle du diapason de l'autre poste.

Cela posé, les cylindres transmetteur et récepteur ne sont pas commandés directement par l'axe moteur. Ce dernier est coupé et entraîne l'axe du cylindre par un embrayage très rapide et sans glissement.

L'arbre moteur porte un jeu de n disques décalables les uns par rapport aux autres et portant comme repères les dix chiffres. On peut donc grouper sur une même ligne n chiffres constituant le nombre conventionnel. Chaque disque porte une encoche dans laquelle tombe un levier dont le mouvement ferme le circuit de l'électro-aimant assurant l'embrayage. Un distributeur à n plots met successivement en circuit chacun des n leviers.

Il en résulte que : 1° Les temps séparant deux embrayages successifs variant entre eux comme les chiffres correspondants, les cylindres s'arrêtent, entre deux tours successifs, pendant des temps également variables;

2° Si les jeux de disques (anticapteurs) des deux postes sont réglés sur les mêmes nombres et *démarrent en même temps*, les deux cylindres ont le même régime de marche et le document est reçu en clair.

3° Mais si les deux anticapteurs sont réglés sur des nombres différents, les mouvements d'un cylindre sont désordonnés par rapport à ceux de l'autre et les points constitutifs des lettres, au lieu d'être jointifs, sont disséminés tandis qu'entre eux viennent se jeter les points constitutifs des autres lettres.

Le document reçu est alors indéchiffrable. Cependant un observateur très attentif pourrait relever soit au téléphone, soit par un moyen optique, les temps d'émission, très reconnaissables et les temps d'arrêt, caractérisés par le silence. Pour obvier à cet inconvénient, un petit cylindre accessoire porte une bande de papier écrite, de préférence de la main de l'expéditeur du document original. Ce texte supplémentaire est traduit en permanence, mais il n'est transmis, grâce à un dispositif automatique simple, que pendant les arrêts du cylindre transmetteur.

Ainsi : Le véritable destinataire n'enregistre pas ces signaux parasites, qu'il ne reçoit que pendant ses arrêts.

L'appareil espion enregistre au contraire des parasites qui ne peuvent que troubler davantage encore sa réception.

L'observateur espion entend ou voit des émissions sans aucune interruption.

Pour éviter que le document puisse être reconstitué : A, ou bien par l'enregistrement des tours successifs sur une bande sans fin qui serait ensuite coupée en morceaux égaux dont la longueur serait égale à la circonférence des cylindres et qui seraient glissés les uns sur les autres jusqu'à juxtaposition de tous les points constitutifs des lettres; B, ou bien par l'emploi de *n* appareils récepteurs n'enregistrant chacun que les tours de même ordre, les deux cylindres sont animés d'une vitesse variable telle que la variation de vitesse, toujours modifiable, s'étale à volonté sur un ou plusieurs tours ou fractions de tours sans que l'origine de ces variations coïncide obligatoirement avec le début d'une rotation.

Pour cela un excellent moyen consiste à caler entre l'arbre moteur, d'une part, et la portion d'arbre entraînant l'anticapteur et la première partie de l'embrayage, d'autre part, deux roues dentées excentrées agissant toutes deux sur une même roue dentée intermédiaire folle. Cette dernière roue est maintenue par deux bielles montées, sur les deux arbres, à l'aide de plateaux excentrés comme les deux premières roues dentées et orientés comme elles (dispositif Lange et Constant).

Les deux roues portent des repères et peuvent être calées, sur leurs arbres respectifs, dans des positions réglées également par une convention.

Enfin une convention de signaux, qui peuvent sans inconvénient être perçus par un espion, assure la simultanéité indispensable de démarrage des deux postes.

Le fonctionnement de l'appareil ne saurait être déréglé par des parasites ou toute perturbation sur la ligne puisque chaque poste est rigoureusement indépendant. La transmission de l'écriture autographique présente d'ailleurs vis-à-vis des parasites un avantage considérable sur toute autre méthode puisque, même dans le cas de brouillage assez intense, le document reste lisible sans erreur possible.

PHYSIQUE. — *Influence des ondes électromagnétiques sur la résistivité et la dureté des métaux et alliages.* Note [1] de M. **G. Mahoux**, présentée par M. Léon Guillet.

J'ai signalé [2] l'action des ondes électromagnétiques sur la structure de certains produits métallurgiques et sur certaines réactions auxquelles sont soumis ces produits.

---

[1] Séance du 29 juin 1931.
[2] *Comptes rendus*, 191, 1930; p. 1328.

J'ai cherché si cette action n'était point accompagnée de variation de la résistivité des métaux et alliages. A cet effet j'ai procédé, à la température ambiante, à des séries d'expériences les unes à l'air libre, les autres en cage de Faraday. J'ai utilisé des barreaux ronds ayant un diamètre de 15^{mm} et une longueur de 300^{mm}.

Après avoir mesuré leur résistivité, deux barreaux de même matière étaient montés, l'un fortement appuyé sur la plaque soumise à l'action des oscillations électromagnétiques, l'autre parallèle, à 10^{cm} de la plaque supportée par du caoutchouc.

Les oscillations sont engendrées par un oscillateur à constantes de temps sur une longueur d'onde de 44^{m}, et la puissance du courant plaque est de 300 watts sous une tension de 3000 volts.

On note les phénomènes suivants :

Le barreau soumis à l'action directe des oscillations accuse une diminution de résistivité en fonction du temps; l'autre barreau indique un abaissement bien moindre de la résistivité dans les mêmes conditions.

Après deux heures d'essai environ, on note une chute brusque de la résistivité suivie d'une augmentation de cette résistivité, augmentation, qui, cependant, n'atteint pas la valeur initiale.

Ce phénomène se renouvelle à peu près toutes les deux heures.

A la fin de l'expérience (d'une durée de 10 heures), on constate que le passage dans le champ oscillant a diminué la résistivité.

Voici quelques-uns des résultats que nous avons obtenus :

1° *Acier nickel-chrome-molybdène.*

C = 0,35, Ni = 3, Cr = 3, Mo = 1.

Résistivité (en ohm).

	Barreau soumis directement à l'action du champ.	Barreau placé dans le voisinage.
Avant l'essai........	0,000768	0,000728
Après l'essai........	0,000686	0,000691

2° *Alliage d'aluminium.*

Cu = 3,52, Fe = 0,56, Mn = 0,30, Zn = 0,88, Mg = 0,81, Si = 0,22.

Al par différence.

Résistivité (en ohm).

	Barreau en contact avec la plaque.	Barreau placé au voisinage.
Avant l'essai........	0,000402	0,000402
Après l'essai........	0,000365	0,000374

3° *Fonte mécanique.*

Carbone = 3,10, graphite = 2,29, Mn = 0,66, Si = 1,40,

fer par différence.

Résistivité (en ohm).

	Barreau	
	en contact avec la plaque.	placé au voisinage.
Avant l'essai	0,00271	0,00270
Après l'essai........	0,00217	0,00249

4° *Acier spécial.*

C = 0,031, Cr = 1,98, Mn = 0,35, Ni = 8, Mo = 0,25, Si = 2,5, Tu = 4, Ph = 0,01, S = 0,025.

Résistivité (en ohm).

	Barreau	
	en contact avec la plaque.	placé au voisinage.
Avant l'essai........	0,00168	0,00162
Après l'essai........	0,00158	0,00158

Quelques remarques importantes doivent être présentées :

Les barreaux utilisés étaient préalablement polis. Avant l'essai, leur couleur était uniforme; deux heures après le début de l'essai, on note des anneaux colorés, les uns clairs, les autres foncés, cela alternativement.

Ceci semble indiquer l'existence de nœuds et de ventres dans les barreaux durant l'essai. J'ai procédé à des essais de dureté par la méthode Vickers en ces différents points.

J'ai noté avec l'acier :

1° Un accroissement général de la dureté dans l'ensemble de l'éprouvette;

2° Des variations de dureté correspondant aux anneaux avec minimum de dureté, en nombre Brinell, 444; des maxima correspondant à 477.

Avant l'essai la dureté correspondait à un nombre Brinell, 429.

Avec l'alliage d'aluminium, j'ai remarqué un phénomène analogue de dureté avant l'essai, correspondant à un chiffre Brinell, 112; après essai, on a 126 min. et 133 max.

SPECTROSCOPIE. — *Sur les spectres d'absorption comparés de sels complexes de chrome et de cobalt trivalents.* Note de Mme **M. Châtelet-Lavollay**, présentée par M. G. Urbain.

La plupart des complexes amminés de cobalt et de chrome trivalents présentent une bande d'absorption dans le proche ultraviolet.

La présente Note concerne l'étude de cette bande par une méthode de photométrie photographique, pour les corps mentionnés plus loin.

Le tableau ci-dessous donne pour chacun d'eux, d'une part la position du maximum de bande en nombres d'ondes par millimètre, et, d'autre part, entre parenthèses, la valeur du coefficient d'absorption k correspondant à ce maximum, calculé d'après la formule

$$I = I_0 . 10^{-kcx},$$

c et x étant respectivement la concentration de la solution en grammes par litre et l'épaisseur de solution.

	Cobalt.	Chrome.	Δ.
Lutéo	2950 (0,0265)	2830 (0,0167)	120
Roséo	2895 (0,0193)	2774 (0,018)	121
Purpuréo	2774 (0,0126)	2652 (0,0185)	122
Xantho normal	3080 (0,85)		
Xantho iso	2860 (0,101)	2740 (0,0313)	120

On voit sur ce tableau (valeurs de Δ) qu'il existe entre les positions des maxima d'absorption des composés lutéo, roséo et purpuréo correspondants de chrome et de cobalt une différence constante égale à 120 nombres d'ondes.

D'autre part, alors qu'on connaît pour le cobalt deux formes isomériques de l'ion cobalti-nitro pentammine désigné couramment sous les noms de xantho et isoxantho, on n'a signalé pour le chrome qu'un seul composé connu sous le nom de xantho. D'après le tableau ci-dessus, on voit que la différence de 120 nombres d'ondes est respectée non pas entre le chlorure de cobalti-nitro pentammine et le composé de chrome mais entre celui-ci et le chlorure de cobalti isonitro pentammine. Il y a donc lieu de penser que le complexe de chrome doit s'écrire

$$[Cr(NH^3)^5 O\dot{N}O]Cl^2$$

et s'appeler chlorure d'isoxantho chromammine.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur les phénomènes de dilatation présentés par certains dépôts électrolytiques de métaux.* Note de MM. **C. Marie** et **N. Thon**, présentée par M. G. Urbain.

Plusieurs auteurs (¹) ont mis en évidence les tensions qui existent dans les dépôts métalliques obtenus par électrolyse et constaté ainsi des *contractions* qui sont particulièrement manifestes pour les métaux du groupe du fer.

Étant donné l'importance pratique et théorique de ces phénomènes, nous avons repris leur étude par une méthode nouvelle particulièrement sensible. Cette méthode nous a permis de voir que, dans certains cas, ces tensions correspondent non pas à des contractions mais à des *dilatations* dues à un accroissement de la surface du dépôt par rapport à la surface du métal sous-jacent.

La méthode expérimentale sera décrite ailleurs. Elle est basée sur l'examen direct des déformations subies par une cathode mince et flexible dont une face est recouverte d'un enduit isolant. Les expériences préliminaires faites sur les dépôts de nickel nous ont permis non seulement de retrouver les fortes contractions observées par Kohlschütter, mais aussi de constater que la méthode donnait des résultats beaucoup plus constants et possédait une sensibilité beaucoup plus grande qui peut être d'ailleurs augmentée encore.

Nous examinerons ci-dessous brièvement les faits observés. Les cathodes employées étaient polies (en général) et dégraissées électrolytiquement.

Cuivre. — I. (Solutions de $CuSO^4$, $5H^2O$ à 200^g par litre. — Densité de courant : 1,1 amp. par décimètre carré).

a. Solution neutre. On constate des dilatations sur les cathodes en Pt (brillant), Au, Ag et Cu. Sur le platine le phénomène reste le même si la cathode a été traitée à l'acide nitrique ou chauffée dans une flamme. Sur le platine *mat* on observe au contraire une contraction.

b. Solution à 1 pour 100 de SO^4H^2. Sur Pt et Cu on observe des contractions. Sur Ag et Au (et seulement sur ces métaux) on obtient souvent des dilatations qui dans certaines expériences se transforment finalement en contractions après plus ou moins de temps.

(¹) Mills, *Proc. Roy. Soc.*, 26, 1877, p. 509. — Bouty, *Comptes rendus*, 88, 1879, p. 714 et 92, 1881, p. 868; *J. Phys.*, 8, 1879, p. 289. — Kohlschütter, (et collaborateurs), *Zeit. Elektrochem.*, 24, 1918, p. 300; *Helv. Chim. Acta*, 3, 1920, p. 584 et 614; 5, 1922, p. 490 et 593.

c. Dans les solutions contenant 2 pour 100 ou 3 pour 100 de SO^4H^2 on obtient dans tous les cas des contractions.

II. Dans les solutions de chlorure cuivreux en présence de NaCl (1 mol-gr. CuCl et 4.5 mol-gr. NaCl par litre) et de HCl on obtient toujours des dilatations.

Pour obtenir des résultats réguliers des précautions particulières sont nécessaires. L'anode (Cu) doit être constituée par un dépôt de cuivre fraîchement préparé; il en est de même pour la solution qui doit être renouvelée à chaque expérience. L'âge de la solution influence en effet le phénomène et peut même en changer le sens ainsi que l'ont montré en particulier certaines expériences faites avec des cathodes d'Au et d'Ag dans des solutions acides de SO^4Cu ayant subi déjà un certain nombre d'électrolyses.

Cette inversion semble être liée à la formation de sels cuivreux. Il suffit, en effet, d'ajouter à la solution de SO^4Cu acide une trace d'hydroxylamine pour obtenir le même résultat.

Les phénomènes observés sont dus à la formation du dépôt métallique. En l'absence de courant les lames présentent en effet un mouvement initial de durée limitée et de faible amplitude, dont il convient d'attendre la fin. De plus la fermeture du courant produit parfois une déformation brusque qui peut être probablement rattachée aux manifestations d'électrocapillarité décrites par Gouy [1]. Cette déformation est irrégulière et très rapide alors que le phénomène principal progresse régulièrement pendant toute la durée des observations qui ont été prolongées au moins pendant 30-40 minutes et parfois pendant une heure.

Les solutions de *zinc* (chlorure, sulfate et cyanure) donnent toujours des *dilatations*.

L'hydrogène qui apparaît ne peut être mis en cause. Le dégagement d'hydrogène seul imprime à la lame des mouvements beaucoup plus faibles et souvent de sens opposé à ceux obtenus lors du dépôt du métal.

Les résultats obtenus montrent dans les dépôts métalliques une tendance générale à se contracter ou à se dilater. Le sens et la grandeur des tensions varient avec tous les facteurs en présence (nature de la solution, acidité, nature de la cathode, état de la surface, etc.). Ces phénomènes interviennent certainement dans la pratique au point de vue de l'adhérence des dépôts et de leurs défectuosités. Les contractions provoquent les déchirures, le pelage. Il est probable que les dilatations doivent être la cause des soulèvements (cloques) observés dans d'autres cas.

---

(1) Gouy, *Comptes rendus*, 96, 1883, p. 1495.

RADIOACTIVITÉ. — *Spectre magnétique des rayons α du dépôt actif de l'actinon.* Note de Mme **P. Curie** et M. **S. Rosenblum**.

Pour aucun corps de la famille de l'actinium, la déviation magnétique des rayons α n'a fait jusqu'ici l'objet d'une détermination directe; la vitesse de divers groupes de ces rayons a été déduite de leur parcours. Au dépôt actif de l'actinon, après extinction de l'actinium A, on attribue un groupe principal de rayons α émis par AcC, de parcours $5^{cm},51$, et un groupe beaucoup plus faible émis par AcC', de parcours $6^{cm},5$ (les parcours étant rapportés à l'air à 15° sous pression normale). D'après la forme de la courbe d'ionisation obtenue par Mlle Blanquies, on pouvait envisager une structure complexe du groupe principal ([1]). Cette supposition a été récemment confirmée par Rutherford à l'aide d'une méthode d'ionisation différentielle très sensible qui a permis de déceler deux parcours distincts, de $5^{cm},51$ et $5^{cm},09$. Il était à prévoir que la séparation de ces deux groupes dans un champ magnétique pourrait être faite à l'aide du grand électro-aimant de l'Académie des Sciences à Bellevue, à condition de disposer d'une source de rayons d'intensité suffisante.

Nous avons pu obtenir une telle source, grâce aux travaux sur l'actinium qui ont été accomplis dans les dernières années au Laboratoire Curie et dont un exposé succinct a été donné dans une publication précédente de l'un de nous ([2]). Le fractionnement des oxalates des terres cériques (principalement lanthane) en solution nitrique conduit à une concentration croissante de l'actinium dans les portions les plus solubles, l'enrichissement n'étant limité que par la quantité de matière disponible.

Pour les premiers essais, on a utilisé 16^g d'oxydes actinifères, dont on a extrait d'abord RaAc, puis AcX. Les produits, ainsi obtenus dans un faible poids de matière, dégageaient l'actinon en quantité suffisante pour préparer une source donnant la raie principale du spectre magnétique de AcC, par la méthode de déviation directe, sans indication de structure complexe.

Pour obtenir un effet plus intense, il était nécessaire d'opérer sur une matière initiale plus concentrée. Celle-ci a été obtenue par un fractionnement exécuté sur 23^g d'oxydes ayant une activité totale de 168 unités arbitraires. Par cinq opérations de fractionnement à l'état d'oxalates, on a

([1]) Mlle Blanquies, *Le Radium*, 7, 1910, p. 159.
([2]) Mme P. Curie, *J. Chimie physique*, 27, 1930, p. 1.

séparé de cette matière environ $1^g,1$ d'oxyde contenant une activité totale de 116 unités (rendement environ 70 pour 100); cet oxyde contient 20 p. 100 de plus d'actinium que celui du premier essai, dans une quantité de lanthane environ 20 fois plus petite. La quantité d'actinium déduite d'après la méthode en usage au laboratoire est $0^{mg},3$, en équilibre dans un minerai avec 800^{mg} de Ra (¹), et correspond à un courant d'environ 40000 ES pour l'absorption complète dans l'air des rayons α de AcC.

De cette matière on a séparé AcX en précipitant deux fois de suite le lanthane en solution nitrique presque neutre, par une solution de AzH^3 fraîchement distillée avec élimination soigneuse de CO^2. Dans la solution ammoniacale réduite à petit volume, on a entraîné AcX dans une précipitation par $(AzH^4)^2CO^2$ avec très peu de lanthane ajouté ($0^g,05$ d'oxyde). L'opération n'ayant donné qu'un entraînement partiel bien qu'on l'ait répétée deux fois, on a eu recours à un dernier entraînement avec l'hydrate ferrique (après addition de $0^g,2$ de sulfate ferreux ammoniacal). Les carbonates ont été transformés en fluorures afin de donner un meilleur dégagement d'actinon; l'hydrate ferrique donnait un dégagement satisfaisant. Les deux produits ont été simultanément utilisés pour l'activation dans une cuvette de laiton à deux compartiments convenablement disposés. Sur la cuvette on posait un couvercle isolant dans lequel était adaptée la pièce en or qui recueillait le dépôt actif. La surface à activer avait les dimensions $2^{cm} \times 0^{cm},01$; entre la pièce à activer (cathode) et la cuvette (anode), on établissait une différence de potentiel de 1000 volts.

Les expériences à Bellevue ont été commencées quatre jours après la séparation de AcX, qui a eu lieu le 15 juin et ont donné aussitôt de très bons résultats; le 23 juin on a pu faire une mesure de l'activité des sources, à l'aide d'un électroscope étalonné au laboratoire Curie et transporté à Bellevue. La quantité de dépôt actif recueillie correspondait à 7000 ES pour le courant d'ionisation produit dans l'air par absorption complète des rayons α de AcC. Tenant compte de la destruction de AcX pendant 8 jours, le rendement sur l'électrode a été voisin de 30 pour 100.

La prise de cliché a eu lieu avec un dispositif précédemment décrit (²) et une intensité de champ d'environ 24000 gauss (pièces polaires de 75^{cm} de

(¹) M. Nahmias, *Journ. Chimie Physique*, 26, 1929, p. 319. Les quantités en poids ne sont pas données avec précision car elles dépendent de constantes encore imparfaitement connues.

(²) S. Rosenblum, *Journal de Physique et le Radium*, 1, 1930, p. 438-444.

diamètre, entrefer 6^{cm}). Sur les clichés, on aperçoit trois raies dont deux intenses α et α_1 et une faible α_2. Attribuant à AcC la raie la plus intense α, et à AcC′ la raie la plus faible α_2, on trouve pour les rapports de vitesse

$$V\alpha_1/V\alpha = 0,973 \qquad V\alpha_2/V\alpha = 1,062.$$

La différence énergétique $\alpha - \alpha_1$ correspond à 352 eKV; un groupe de rayons γ de cette énergie est attribué à AcC″ [1].

Des expériences faites avec des durées de pose différentes ont montré que, si le spectre magnétique des rayons α du dépôt actif de l'Ac comprend encore d'autres lignes, l'intensité ne dépasse pas probablement 1/5000 du groupe principal.

Les clichés obtenus seront reproduits dans une autre publication.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Trempe et vieillissement des aciers extra-doux.* Note [2] de M. **A. Bates**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Masing [3] et Seigle [4] ont montré que la résistance à la traction d'un acier extra-doux augmente avec le temps après trempe de l'acier dans de l'eau à des températures élevées. J'ai étudié la question du vieillissement de ces aciers et j'ai trouvé une relation intéressante entre le diagramme d'équilibre fer-carbone et les modifications des propriétés mécaniques provoquées par ce vieillissement. Mes expériences ont porté sur des aciers Thomas à 0,026 pour 100 de carbone (voir les figures 1 et 2). Les mesures de la limite élastique et de la dureté ont donné des courbes analogues à celles de la figure 1. Dans les graphiques les courbes A représentent la résistance et la ductilité de l'acier quand il a subi l'épreuve de traction immédiatement après trempe. Les courbes B indiquent les résultats obtenus 30 jours après la trempe, la température restant au voisinage de 12° pendant ce temps.

Les formes de ces courbes s'expliquent à l'aide des données récentes du diagramme d'équilibre fer-carbone qui ont introduit deux nouvelles lignes, indiquant une solubilité limitée de la cémentite (Fe^3C) dans la ferrite α.

---

(1) L. Meitner, *Zeitschrift für Physik*, 34, 1925, p. 807-818.

(2) Séance du 29 juin 1931.

(3) Masing, *Arch. Eisenhüttenwesen*, n° 2, 1928-1929, p. 185.

(4) Seigle, *Le Génie civil*, 97, 1930, p. 254.

Puisque la solubilité atteint un maximum à 700° (à une teneur en carbone de 0,03 pour 100), la trempe à cette température occasionne la plus grande sursaturation possible de Fe^3C dans la ferrite α. Ce carbone se précipite

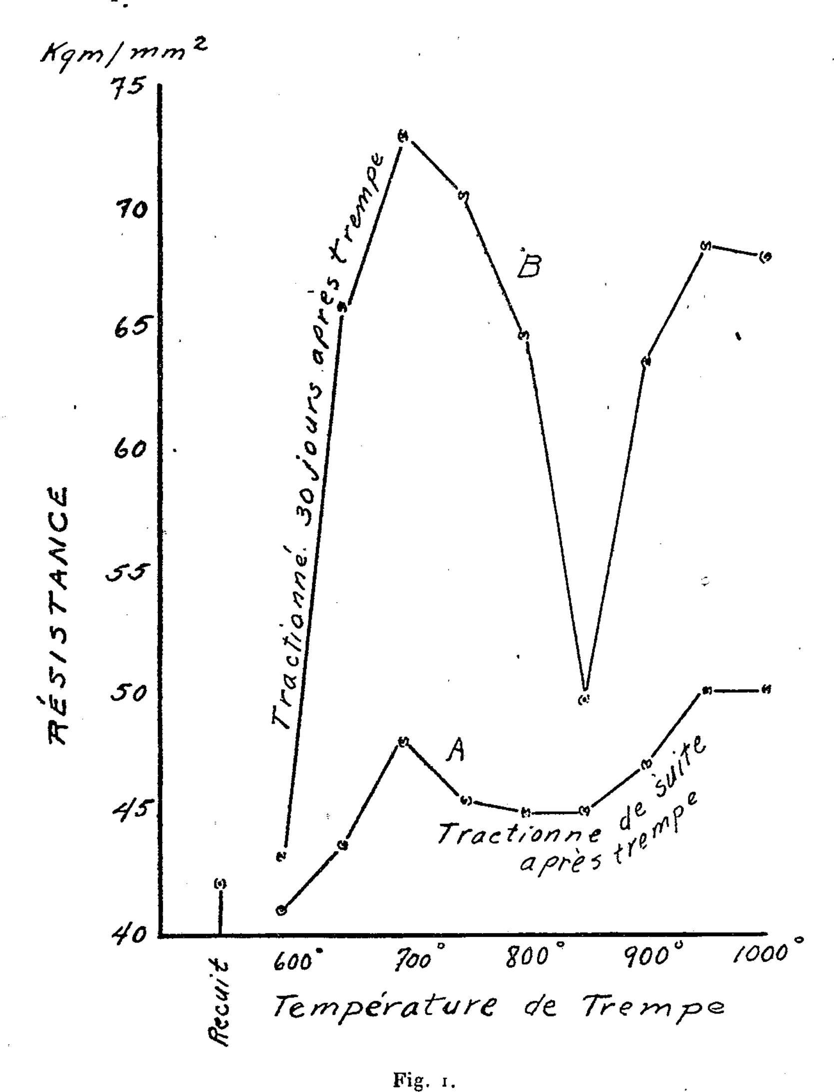


Fig. 1.

sous forme de particules ultramicroscopiques, quand l'acier est vieilli à des températures au-dessous de 100°. Au contraire, un vieillissement entre 100° et 300° produit dans la ferrite α une précipitation nettement visible à un grossissement de 1000 diamètres. Le durcissement de l'acier est une fonction de la grosseur des particules précipitées et est maximum

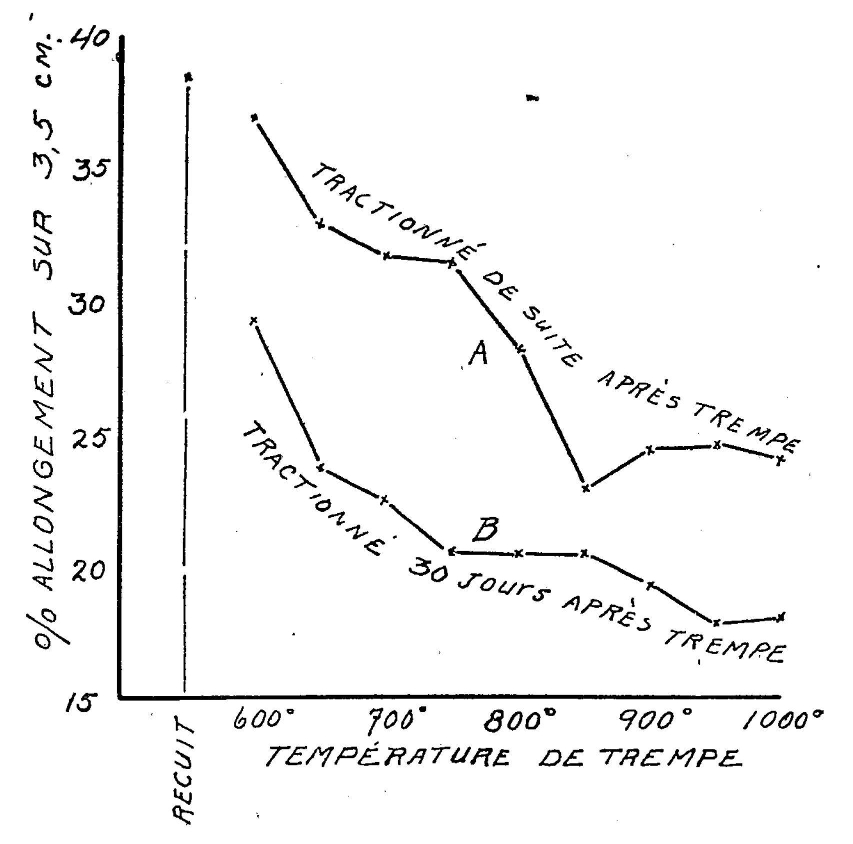

% ALLONGEMENT SUR 3,5 CM.
40
35
30
25
20
15
TRACTIONNÉ DE SUITE APRÈS TREMPE
A
TRACTIONNÉ 30 JOURS APRÈS TREMPE
B
RECUIT
600°
700°
800°
900°
1000°
TEMPÉRATURE DE TREMPE

Fig. 2.

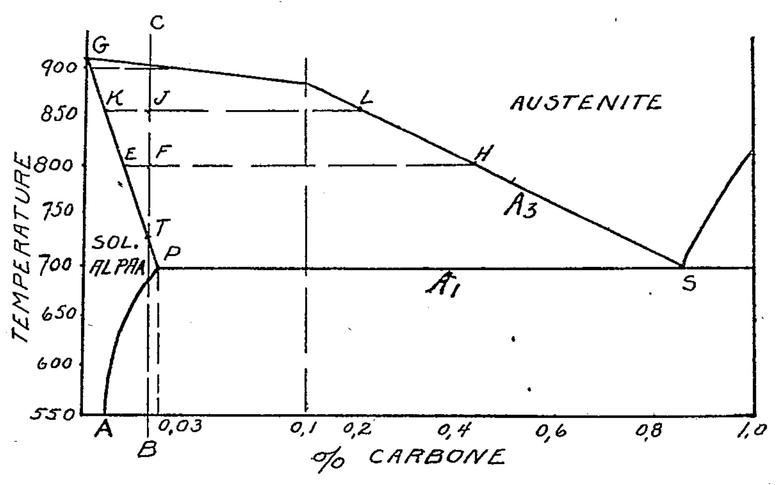

C
G
900
K
J
L
AUSTENITE
850
E
F
800
H
750
A3
T
SOL.
P
700
ALPHA
A1
S
650
600
550
TEMPERATURE
A
B
0,03
0,1
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0
% CARBONE

Fig. 3.

quand elles sont ultramicroscopiques. Ce phénomène rappelle étroitement le vieillissement du duralumin.

Après trempe à des températures comprises entre 800° et 850° la précipitation par vieillissement ne se produit que faiblement parce que la presque totalité de la cémentite s'est déjà séparée pendant la trempe à l'état de grains de troostite. Mais à 900° et au-dessus, l'acier est entièrement à l'état de ferrite γ, contenant 0,26 pour 100 de carbone en solution; à cause de cette faible concentration le carbone ne précipite pas pendant la trempe mais, au contraire, reste en solution dans la ferrite α. La trempe à 900° et au-dessus occasionne donc les mêmes résultats que la trempe à 700°.

Par décarburation progressive dans l'hydrogène à 925°, j'ai préparé une série de barreaux de différentes teneurs en carbone comprises entre 0,026 et 0,002 pour 100. J'ai trouvé qu'un acier contenant moins de 0,012 pour 100 de carbone ne peut pas être durci par vieillissement. 0,012 pour 100 représente donc la limite de solubilité à froid de la cémentite dans la ferrite α.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'écrouissage du fer.* Note [1] de MM. **W. Broniewski** et **J. Król**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'écrouissage des métaux est depuis longtemps appliqué dans l'industrie, comme l'indique Réaumur dans son *Art de l'épinglier* (1761). Au point de vue métallographique, les premières études sur l'écrouissage furent faites par M. Charpy (1893).

En ce qui concerne l'écrouissage du fer, les études faites par M. Goerens (1913) et M. Altpeter (1915) sur un nombre restreint d'échantillons n'ont pas donné de résultats suffisamment complets.

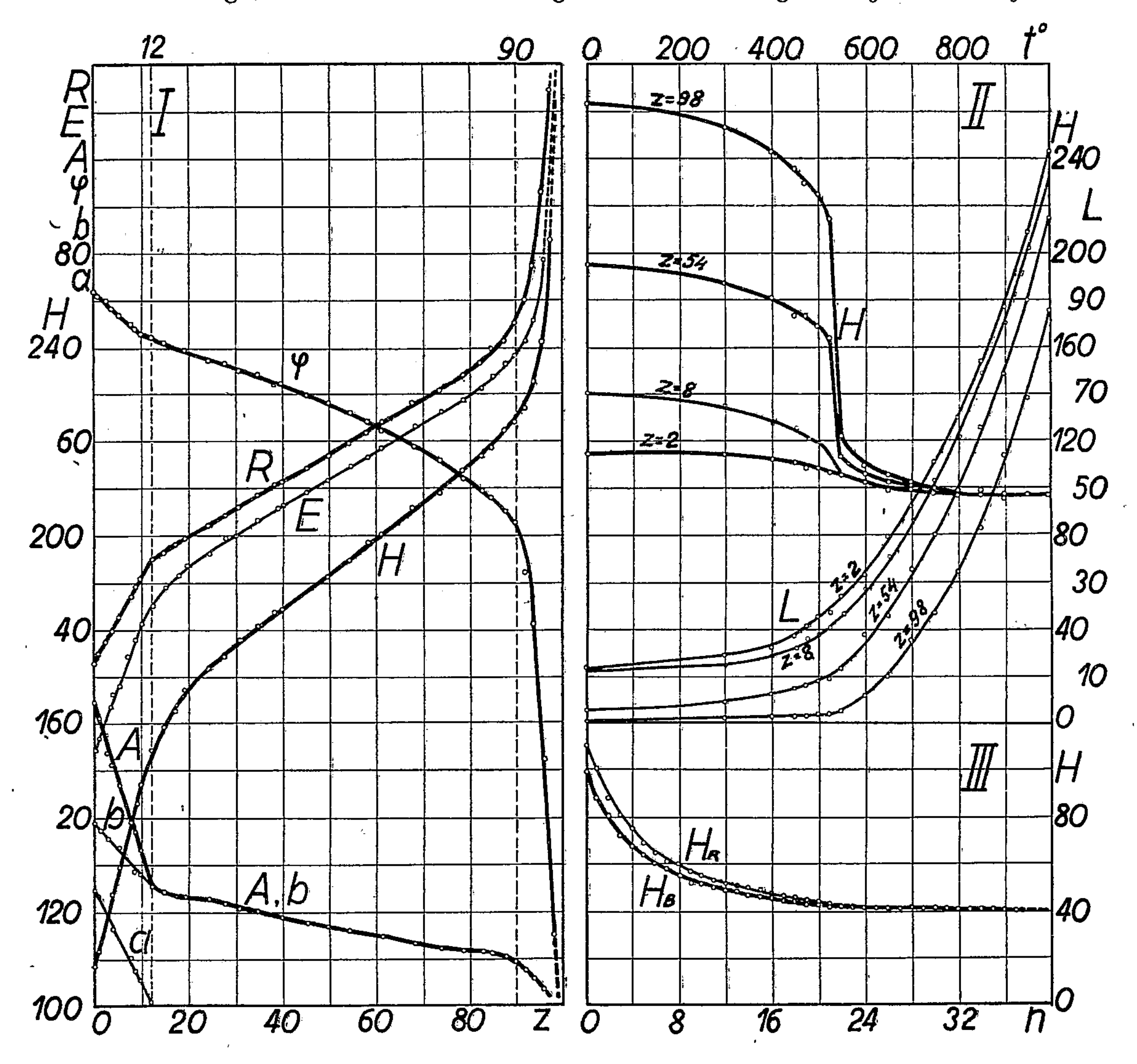
Notre étude a porté sur le fer Armco de fabrication française contenant au total moins de 0,15 pour 100 d'impuretés. La déformation obtenue par étirage était évaluée en pour 100 de la réduction de la section rapportée à la section primitive, soit $\varepsilon = 100\,\frac{S_0 - S_p}{S_0}$.

En étudiant les coefficients des propriétés mécaniques, nous avons cru utile de séparer dans l'allongement total à la rupture (A), l'allongement

(1) Séance du 29 juin 1931.

proportionnel (a) mesuré par la réduction de la section de l'éprouvette aux environs de ses traits extrêmes et l'allongement par striction (b) défini par la relation $b = A - a$.

Les résultats des mesures des propriétés mécaniques, en fonction de l'écrouissage, sont donnés sur les diagrammes I de la figure ci-jointe. On y



I Z, écrouissage; R, résistance à la traction; E, limite élastique; A, allongement total à la rupture; a, allongement proportionnel; b, allongement par striction; H, dureté Brinell. II. t, température du recuit de 1h 30m; L, longueur moyenne des cristaux en millièmes de mm. III. n, nombre de recuits; H, durete, mesurée à la bille de 10 mm. sous 500 kg. et H, dureté mesurée au cône de 120° sous 150 kg.

voit nettement trois phases de l'écrouissage. La première caractérisée par la chute de l'allongement proportionnel a s'étend jusqu'à un écrouissage de 12 pour 100. La dernière, caractérisée par la chute de la striction φ et une montée rapide de la résistance de la traction R ainsi que de la dureté H, s'étend au-dessus d'un écrouissage de 90 pour 100. Au delà de la première phase, l'allongement à la rupture ne se fait que par striction et un coude accentué manifeste sur la courbe A ce changement du mode de rupture.

Le recuit après écrouissage produit, au dessus d'une certaine température la régénération des cristaux ce qui se manifeste par une chute de la dureté (H) et par l'augmentation moyenne des dimensions des cristaux (L), comme le montrent les diagrammes LI pour des écrouissages de 2, 8, 54 et 98 p. 100. Nous y voyons qu'un recuit au dessus de 500° fait tomber, assez brusquement la dureté, alors que les dimensions des cristaux croissent d'une façon parfaitement continue.

Comme l'essai de dureté à la bille ou au cône produit un écrouissage du métal étudié, nous avons déterminé la vraie dureté du fer par la méthode des empreintes successives proposée par M. Hanriot (1913). Après chaque essai de dureté le métal était recuit à 650° et une nouvelle empreinte était faite à la même place que l'ancienne. Le diagramme III nous montre qu'après une trentaine de recuits la dureté se stabilise à un nombre voisin de 40 aussi bien pour l'essai à la bille (H_B) que pour celui fait au cône (H_R). La différence entre ces deux essais provenait donc surtout d'un écrouissage différent du métal.

Nous voyons combien l'écrouissage donne un moyen puissant pour le durcissement des métaux malléables. Une étude plus approfondie des phénomènes de l'écrouissage faciliterait probablement beaucoup le travail par estampage à froid, qui est de plus en plus répandu dans l'industrie.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la température de déflagration des poudres colloïdales.* Note de MM. **A. Michel-Lévy** et **H. Muraour**, présentée par M. G. Urbain.

La température de déflagration des poudres et des explosifs se détermine ordinairement en chauffant au bain d'huile quelques grammes de l'explosif placés dans un tube de verre. On sait depuis longtemps que la température ainsi déterminée varie très notablement suivant la rapidité avec laquelle le chauffage est exécuté; elle est d'autant plus élevée que le chauffage est plus rapide.

Il y aurait avantage à déterminer les températures de déflagration en échauffant l'explosif le plus rapidement possible, mais on se heurte ici à la difficulté d'obtenir l'équilibre de température entre le bain d'huile et la masse de l'explosif. Pour tourner cette difficulté nous avons songé à opérer sur une masse d'explosif aussi faible que possible et nous avons choisi le mode opératoire suivant :

Un copeau de poudre obtenu au microtome et pesant de 1 à 2^{mg} ou un agglomérat de coton nitré de poids analogue est placé au centre d'une petite chambre cylindrique formée d'un tube de laiton de 12^{mm} de diamètre obturé à ses parties inférieure et supérieure par des glaces à faces parallèles écartées de 6^{mm}. La came d'un couple thermo-électrique fer-constantan de 3^{mm} de diamètre peut être glissée par un orifice latéral jusqu'en son milieu. La chambre cylindrique est introduite à frottement doux dans l'âme creuse d'une platine chauffante électrique se plaçant sur un microscope polarisant. Le four étant préalablement porté et maintenu à une température comprise entre 220 et 250°, l'atmosphère intérieure de la chambre dans laquelle est placée la poudre atteint en *un temps très court*, compris entre 50 et 70 secondes, une température voisine de 200° et dont on suit aisément la progression sur le galvanomètre.

On a eu soin de mettre le copeau de poudre au centre de la chambre cylindrique au voisinage immédiat de la pointe du couple thermo-électrique et sans contact avec la paroi métallique. Les températures indiquées ont été contrôlées par la fusion de corps finement cristallisés, à point de fusion connu, mis à la place du copeau de poudre ou à son voisinage immédiat.

Il est aisé de saisir avec précision le moment de la déflagration qui se traduit par une flamme et la disparition brusque du copeau.

Immédiatement avant la déflagration la poudre passe, le plus souvent, par un état pâteux et subit une ébullition.

Pour plus de 150 poudres à la nitrocellulose et à la nitroglycérine (françaises, allemandes, italiennes, hollandaises, américaines), la déflagration a lieu entre 199 et 203°. Des poudres à 25 pour 100 de nitroglycérine du type sans dissolvant, contenant des proportions variées de centralite (5, 8, 15 et 20 pour 100), ont déflagré, comme une poudre à 50 pour 100 de nitroglycérine sans centralite, à cette même température. Des cotons-poudre avec des taux d'azote variés (10,94-11,91-13,19 pour 100) ont déflagré à une température un peu plus élevée mais constante (210°).

Pour un mélange non gélatinisé de nitrocellulose et de nitroglycérine on a observé 197°, pour la nitroglycérine seule, 206° (température sans doute un peu élevée par suite du refroidissement dû à la vaporisation partielle de l'explosif), pour la tétranitropentaérythrite, 213°.

De l'ensemble de ces essais il résulte que la température de déflagration

des poudres est non pas de 170° comme on l'admet généralement mais voisine de 200°. On remarquera que cette température de déflagration reste, à peu de chose près, constante, quelle que soit la composition des poudres essayées, poudres à la nitrocellulose ou poudres à la nitroglycérine à taux variable de centralite. On doit noter que des cotons-poudre qui possèdent d'après l'épreuve réglementaire de résistance à 110° des stabilités très différentes déflagrent pratiquement à la même température; c'est ainsi qu'un coton-poudre à 13,93 pour 100 d'azote dont la température de déflagration était de 210°, ne possédait à l'épreuve à 110° qu'une résistance très faible voisine de 3 heures. Cependant un coton-poudre n'ayant subi aucun traitement de stabilisation, simplement lavé à l'eau froide, a déflagré à une température remarquablement basse (154°).

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le nombre de paires d'ions produits dans l'air par un rayons α du polonium.* Note de M. **Grégoire**, présentée par M. J. Perrin.

La connaissance du nombre k de paires d'ions produits dans l'air par un rayon α du polonium complètement absorbé résulte de la mesure du courant d'ionisation I produit par un faisceau de ces rayons dont on a déterminé le nombre par la mesure du courant i de charge qu'ils transportent.

Le courant I mesuré avec l'appareil absolu de Mme P. Curie [1] a été ramené à l'angle solide 2π.

Pour mesurer le courant i nous placions la préparation de polonium de petites dimensions (3 à 4 ^mm^ de diamètre) dans le vide ; un diaphragme [2] limitait un faisceau de ces rayons dans l'angle $2\pi \times 0,0293$. Les rayons abandonnaient leur charge à une électrode reliée à un électromètre Compton, on mesurait le courant de charge par la méthode de compensation de Townsend [3]. Le condensateur utilisé dans cette méthode était de 29,97 U. E. S., on le chargeait sous 2 volts. La déviation de l'électromètre par U. E. S. de charge apportée sur l'électromètre était d'environ 20 mètres sur une échelle placée à un mètre. Le courant de charge mesuré dans l'angle $2\pi \times 0,0293$ était d'environ 0,003 U. E. S. pour 10000 U. E. S. de cou-

(1) Mme Curie, *J. Ch. Ph.*, 22, 1925, p. 41.

(2) Jedrzejowski, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1927.

(3) Townsend, *Phil. Mag.*, 1, 1903, p. 43.

rant I rapporté à l'angle 2π. Le vide était réalisé par une pompe moléculaire Holweck précédée d'une pompe à palettes, on condensait les vapeurs par un piège à air liquide, la pression mesurée au manomètre absolu variait de 0,1 à 0,3 barye; à cette pression le courant d'ionisation devait être inférieur au 1/1000 du courant de charge. L'effet des rayons δ était éliminé par l'emploi d'un champ magnétique de 4500 gauss perpendiculaire à la trajectoire des rayons α. Cet effet provenait surtout de l'électrode réceptrice des rayons α, la forme de cette électrode laissant échapper le minimum de rayons δ était celle d'une cuvette de 5 mm de profondeur sans aucun écran à l'entrée.

Les mesures effectuées avec les préparations dont l'intensité est indiquée par le courant I ramené à 2π ont donné pour le rapport $\frac{I}{i}$ les valeurs suivantes :

Préparation	obtenue	par dépôt	sur nickel 13000 U. E. S.	$\frac{I}{i} = 0,762.10^5$
»	»	»	» nickel 20000 U. E. S.	$\frac{I}{i} = 0,768.10^5$
»	»	»	» nickel 7700 U. E. S.	$\frac{I}{i} = 0,770.10^5$
»	»	»	» argent 5700 U. E. S.	$\frac{I}{i} = 0,760.10^5$
»	»	par volatilisation	» nickel 20000 U. E. S.	$\frac{I}{i} = 0,765.10^5$

Les valeurs du rapport $\frac{I}{i}$ ne montrent pas de différence systématique malgré les divers modes d'obtention des préparations. La moyenne de ces mesures conduit à la valeur

$$\frac{I}{i} = 0,765.10^5.$$

Il est à noter cependant que ce rapport diminuait toujours avec le temps et de façon différente suivant le mode d'obtention et de conservation des préparations de polonium. Pour la préparation de 13000 U. E. S., ce rapport est passé de $0,762.10^5$ à $0,710.10^5$ au bout de deux mois. Cette diminution du rapport s'explique par l'altération superficielle des préparations.

Nous avons vérifié cette hypothèse en observant la déformation progressive des courbes de Bragg établies à des intervalles de temps croissant.

Nous avons vérifié à la précision de 2 pour 1000 que le courant *i* ne dépendait pas de l'épaisseur des écrans de cellophane et d'aluminium inter-

posés sur le trajet des rayons tant que leur équivalent en air ne dépassait pas 2^{cm}.

En admettant que dans ces conditions les rayons α sont tous doublement chargés à part une fraction négligeable, on obtient pour le nombre k la valeur :

$$k = 2\frac{I}{i} = 1,53 \pm 0,02 . 10^5.$$

Ce nombre k peut servir à la détermination du nombre Z, nombre des rayons α émis dans l'angle solide 4π par gramme de radium et par seconde.

Les rayons α émis dans l'angle 2π par millicurie de polonium et complètement absorbés dans l'air produisent un courant d'ionisation $J = 1300$ UES (1).

On en déduit

$$Z = \frac{2 \times 1300 \times 10^3}{1,53 . 10^5 \times 4,774 . 10^{-10}} = 3,56 . 10^{10}.$$

Les rayons α émis par un millicurie de RaC′ produisent dans les mêmes conditions un courant de 1944 U. E. S. (2). En prenant les valeurs de $1,593 . 10^9$ cm/sec (3) et $1,922 . 10^9$ cm/sec (4) pour les vitesses des rayons α du Po et du RaC′ et en admettant que l'ionisation totale est proportionnelle à l'énergie cinétique du rayon α, on trouve pour le rapport de l'ionisation des rayons α du Po et RaC′ la valeur de 0,6867, d'où

$$J = 1944 \times 0,6867 = 1335 \text{ U.E.S.}$$

On déduit de ce dernier nombre $Z = 3,66 . 10^{10}$, nombre plus voisin que le précédent de la valeur $3,68 . 10^{10}$ obtenue directement sur le RaC′ par Braddick et Cave (5).

(1) Mme Irène Curie, *J. Phys. et Rad.*, **11**, 1929, p. 388.
(2) Mme Irène Curie, et F. Joliot, *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 43.
(3) Mlle Irène Curie, *Ann. de Phys.*, **3**, 1925, p. 348.
(4) Rutherford et Robinson, *Phil. Mag.*, **2**, 1914, p. 552.
(5) Braddick, et Cave, *Proc. of Roy. Soc.*, A, **121**, 1928, p. 380.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la lumière sur la floculation des solutions colloïdales en milieu fluorescent. Rôle des inhibiteurs colorés et de la viscosité du milieu.* Note [1] de MM. **Augustin Boutaric** et **Jean Bouchard**, présentée par M. Matignon.

1. Nous avons signalé [2] que l'addition d'une matière fluorescente à une solution colloïdale exerce une action photosensibilisatrice très nette sur sa floculation par les électrolytes et que l'addition d'un antioxygène (inhibiteur incolore), qui diminue le pouvoir fluorescent d'une solution de matière fluorescente, réduit aussi dans une proportion comparable l'action photosensibilisatrice.

Jean Perrin ayant montré [3] que le pouvoir fluorescent de la solution d'une substance fluorescente est diminué par addition d'une matière colorante, dont le spectre d'absorption en solution présente une bande voisine d'une bande d'absorption de la matière fluorescente, nous nous sommes proposé de rechercher si ces inhibiteurs colorés ne réduiraient pas en même temps l'action photosensibilisatrice exercée par la substance fluorescente sur la floculation d'une solution colloïdale.

2. A 20^{cm^3} d'un sol de As^2S^5 ($3^g,1$ p. l.), ajoutons 3^{cm^3} d'une solution de fluorescéine ($2^g,5$ p. l.) et provoquons la floculation par 17^{cm^3} d'une solution de KCl de manière que la floculation dure 75 minutes dans l'obscurité; sous l'influence des radiations ultraviolettes, la durée de floculation tombe à 15 minutes.

Recommençons l'expérience en mélangeant 20^{cm^3} de l'hydrosol, 3^{cm^3} de la solution de fluorescéine et 17^{cm^3} d'une solution de KCl contenant des quantités variables d'éosine, d'érythrosine, d'écarlate direct ou de rocelline, substances dont le spectre d'absorption en solution présente des bandes voisines de celles que renferme le spectre de la fluorescéine. La durée de floculation pour une quantité convenable de KCl étant toujours de 75 minutes dans l'obscurité, on constate que l'écart Δt entre les durées de floculation dans l'obscurité et sous l'action des radiations ultraviolettes devient très inférieur à ce qu'il était précédemment. Si l'on détermine le pouvoir fluorescent P d'un mélange contenant 20^{cm^3} d'eau, 3^{cm^3} de la solution de

---

(1) Séance du 29 juin 1931.

(2) A. Boutaric et J. Bouchard, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 95 et 357.

(3) J. Perrin, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1097.

fluorescéine et 17^{cm^3} de la solution de KCl contenant l'inhibiteur, on constate l'existence d'un parallélisme entre la réduction produite par la présence de l'inhibiteur dans les valeurs de Δt et de P, comme le montre le tableau suivant :

Inhibiteur coloré.	Δt.	log P.
Sans inhibiteur	60 min.	10,0
Éosine, $0^g,5$ p. l	45 »	7,3
Éosine, $2^g,0$ p. l	30 »	6,5
Érythrosine, $1^g,0$ p. l	40 »	7,1
Écarlate direct, $0^g,1$ p. l	25 »	6,5
Écarlate direct, $0^g,5$ p. l	15 »	6,3
Rocelline, $0^g,5$ p. l	30 »	7,0

Ainsi l'éosine et l'érythrosine qui, prises séparément, ont une action photosensibilisatrice très nette sur la floculation de As^2S^3 par les électrolytes, diminuent nettement l'action photosensibilisatrice exercée par la fluorescéine.

D'une manière analogue, l'action photosensibilisatrice exercée par la rhodamine B sur la floculation de l'hydrate ferrique par les électrolytes est notablement réduite lorsqu'on provoque cette floculation par $KMnO^4$ qui diminue le pouvoir fluorescent de la rhodamine ainsi que Jean Perrin l'a signalé antérieurement.

3. Jean Perrin ayant également montré que le pouvoir fluorescent d'une solution diminue lorsqu'on augmente la viscosité de la solution, nous nous sommes proposé de vérifier si un accroissement de viscosité provoqué par addition d'une solution de glycérine ou d'une solution concentrée de saccharose ne diminuerait pas également l'action photosensibilisatrice de la matière fluorescente. Nous avons constaté un tel effet, comme le montrent les nombres du tableau ci-dessous qui donnent pour les diverses additions que nous venons de mentionner : 1° la réduction Δt dans la durée de floculation déterminée par l'action des rayons ultraviolets; 2° le logarithme du pouvoir fluorescent P; 3° la viscosité relative η, mesurée à 26°, du mélange par rapport à l'eau.

Nature de la substance ajoutée.	Δt.	log P.	η.
Aucune addition	60^m	10,0	1,0
Saccharose	45	7,8	1,5
Glycérine	40	7,1	2,6

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur quelques propriétés des fontes grises austénitiques.* Note [1] de M. **Marcel Ballay**, présentée par M. Léon Guillet.

La structure austénitique est obtenue, dans les fontes grises, par l'addition de nickel, soit seul, soit accompagné de manganèse ou de chrome, la proportion de ces deux éléments étant limitée par l'action stabilisante qu'ils exercent sur le carbure de fer. La structure austénitique amène des modifications importantes de certaines propriétés des fontes grises : résistance à la corrosion par certains réactifs, diminution de l'oxydabilité et augmentation de la stabilité à chaud, amagnétisme, etc.

Nous avons cherché à préciser l'influence de divers éléments sur ces propriétés et en particulier le rôle du cuivre, de l'aluminium et du chrome. Nous avons aussi comparé la dureté à chaud des fontes perlitiques et des fontes austénitiques. Tous les essais ont porté sur des éprouvettes prélevées dans des jets cylindriques de 25^{mm} de diamètre coulés en sable; les fontes ont été préparées au creuset.

Influence du cuivre sur la corrosion par les solutions aqueuses d'acide sulfurique et d'acide chlorhydrique. — A une fonte ayant comme composition

$C_T = 2{,}72$, $Si = 1{,}45$, $Mn = 1{,}30$, $Ni = 14{,}82$, $Cr = 1{,}40$, $Cu = 0{,}30$,

nous avons ajouté du cuivre en proportions croissantes; nous avons ainsi obtenu des alliages contenant :

1,25, 5,28, 8,30, 12,25 pour 100 de cuivre.

Les courbes représentant la perte de poids en fonction de la teneur en cuivre ont toutes la même allure, qu'il s'agisse de solutions d'acide sulfurique à 10 pour 100 froides ou chaudes ou d'acide chlorhydrique à 10 pour 100 froid. La corrosion décroît fortement jusqu'à une teneur en cuivre de 5 pour 100, puis ne varie plus sensiblement. Les valeurs ci-dessous ont trait à la solution d'acide chlorhydrique à 10 pour 100 froide (durée d'attaque 7 jours) :

Cu °/₀.	Perte de poids mg/dm²/jour.	Cu °/₀.	Perte de poids mg/dm²/jour.	Cu °/₀.	Perte de poids mg/dm²/jour.
0,30	108	5,28	33,8	12,25	33,1
1,25	57	8,30	35,0	-	-

La fonte à 12,25 pour 100 de cuivre contient un peu de cuivre libre,

[1] Séance du 29 juin 1931.

nettement visible au microscope; la solubilité du cuivre à l'état solide dans cette fonte paraît être voisine de 10 pour 100. Une fonte ordinaire à 5 pour 100 de cuivre montre ce métal à l'état libre, en grande abondance, au microscope.

Influence du chrome et de l'aluminium sur la corrosion par l'acide nitrique. — L'addition de chrome ou d'aluminium diminue la vitesse de corrosion de la fonte austénitique au nickel-cuivre par l'acide nitrique à 5 pour 100 froid ou par le mélange sulfonitrique, mais la vitesse d'attaque reste très grande.

Oxydation à 800°. — Les échantillons placés dans un four électrique à résistance ont été chauffés à 800° dans l'air par périodes de 8 heures. Ils étaient contenus dans des creusets de porcelaine de sorte que l'on puisse mesurer l'augmentation de poids par oxydation et poids d'oxyde non adhérent.

Les valeurs portées dans le tableau ci-dessous ont été obtenues après 10 périodes de chauffage, soit 80 heures, sur des échantillons cylindriques de 20^{mm} de diamètre et 25^{mm} de longueur.

	Ct.	Si.	Ni.	Cr.	Cu.	Al.	P.	Augmentation de poids (en gr.).	Poids oxyde détaché (en gr.).
Fonte ordinaire....	3,58	2,25	0	0	0	0	0,41	2,65	0,01
Fonte austénitique..	2,64	1,22	13,83	1,95	5,85	0	<0,15	1,01	2,07
	–	–	–	–	–	1	<0,15	0,72	1,59
	–	–	–	–	–	2,5	<0,15	0,43	0,79
	2,85	4,93	19,33	8,42	0	0	<0,15	0,058	0,012

L'oxydation diminue avec la teneur en chrome ou en aluminium : la fonte à 8 pour 100 de chrome est très peu oxydable. L'oxyde formé se détache plus facilement des fontes austénitiques que de la fonte perlitique; l'adhérence de l'oxyde augmente avec la teneur en chrome.

Dureté et stabilité à chaud. — La dureté Brinell a été déterminée à 20°, 450°, 600° et 800° avec une bille de 10^{mm} de diamètre sous une pression de 500^{kg}, maintenue 5 secondes. Nous extrayons des résultats obtenus les valeurs ci-dessous qui caractérisent la manière dont se comportent les fontes perlitiques et austénitiques :

Composition chimique.						Dureté Brinell. 20°				800°	
Ct.	Mn.	Si.	Ni.	Cr.	Cu.	état coulé.	apr. chauff. à 800° 8 h.	450°.	600°.	après 20 m. de chauff.	après 8 h. de chauff.
3,15	1,07	2,20	0,19	0	0	189	158	173	148	45	43,5
3,01	1,48	2,48	14,09	3,59	5,95	139	142	131	127	91	90

La dureté des fontes austénitiques varie donc beaucoup moins avec la température que celles des fontes ordinaires, moins dures que celles-ci à froid, elles sont beaucoup plus dures à 800°.

L'étude dilatométrique à l'appareil Chevenard montre que les fontes austénitiques contenant du chrome sont très peu sujettes au phénomène de gonflement par chauffages répétés; après plusieurs cycles de chauffage à 800-875° et maintien à 800° pendant 2 heures, elles conservent à froid leur dimension primitive. Leurs courbes de dilatation sont réversibles, à l'exception toutefois d'une anomalie vers 650° au premier chauffage que nous n'avons pu expliquer ici.

Résistivité. — Nous avons étudié l'influence du silicium sur la résistivité des fontes austénitiques; on sait que cet élément, de faible poids atomique, entrant en solution dans la ferrite agit énergiquement sur la résistivité des fontes perlitiques. Les valeurs ci-dessous montrent que le silicium modifie de la même manière la résistivité des fontes austénitiques. L'augmentation de résistivité est accompagnée d'une diminution du coefficient de température:

Ct.	Mn.	Ni.	Cr.	Cu.	Si.	Résistivité à 18° cm^2/cm. microhms	Coefficient de température 0 — 100°. moyen
2,9	1,47	13,94	3,56	5,97	2,48	127	
–	–	–	–	–	4,06	161	
3,03	4,24	9,43	–	0,23	2,04	119	0,000893
–	–	–	–	–	5,52	175	0,000478

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Au sujet de l'inertie chimique.*
Note (¹) de M. et Mme **M. Lemarchands**, présentée par H. Le Chatelier.

Depuis longtemps on a observé combien sont les difficiles réactions entre corps dont l'affinité chimique est certaine : métaux mis en présence de chlore ou de brome (²); oxydes alcalins ou alcalino-terreux dans une atmosphère de CO^2, SO^2, H^2S, Cl^2, HCl (³).

(¹) Séance du 29 juin 1931.

(²) Gauthier et Charpy, *Comptes rendus*, 113, 1891, p. 597.

(³) Von H. Veley, *Berichte Chem. Gesels.*, 29, 1896, p. 577. — Kolb, *Comptes rendus*, 64, 1867, p. 861. — Petzold, *J. für Prakt. Chem.*, 17, 1839, p. 464. — Rose, *Ann. Chem. Phys. Pogg.*, 86, 1852, p. 280. — Schummann, *Ann. Chem. Phys. Liebig*, 187, 1877, p. 310.

Nous avons vérifié expérimentalement l'inactivité du chlore sur CaO, même dans la vapeur d'eau saturée, l'absorption très lente de celle-ci par l'oxyde de calcium anhydre. L'un de nous, en collaboration avec M. H. L. Romau, dans des expériences non encore publiées, a constaté l'inertie remarquable des anhydrides SO^3, CO^2, N^2O, NO, P^2O^3 en présence de Zn, Al, Mg, Na.

Nous avons recherché à quelles causes on pouvait attribuer cette inertie.

En premier lieu, on peut admettre la formation d'un film du produit de la réaction, isolant les corps en présence; la démonstration de ce fait nous semble établie par la réaction du chlore sur les métaux : seuls sont attaqués à froid K Hg, Sn, c'est-à-dire précisément ceux dont les chlorures sont volatils dans les conditions d'attaque.

En second lieu on peut incriminer l'impossibilité ou la difficulté du contact par suite du phénomène suivant : le corps solide adsorbe le gaz, ce qui établit le contact nécessaire à l'action chimique. L'adsorption est exothermique, surtout pour les premières portions du corps adsorbé (S. Arrhenius, Conférences faites devant la Société française de Physique, 1911); (*Intern. Critical Tables*, 5, 139) si le corps adsorbé donne lieu à une réaction chimique fortement exothermique avec l'adsorbant, l'élévation de température du film solide résultant, supprime l'adsorption, au moins jusqu'au moment où la température s'abaisse suffisament pour qu'elle puisse se produire à nouveau. La suppression de l'adsorption entraîne celle du contact et par conséquent l'impossibilité de l'action chimique.

Une conséquence importante au point de vue catalytique est l'impossibilité de jouer le rôle de catalyseur dans un système chimique hétérogène (gaz-solide), pour tout corps solide, capable de s'unir avec fort dégagement de chaleur avec un des corps gazeux devant entrer en combinaison.

Cette conséquence est en accord avec les exemples expérimentaux d'inertie signalés plus haut. Elle se trouve également vérifiée si on discute les phénomènes catalytiques connus. Dans 21 cas de catalyse minérale ou organique, nous n'avons pu noter aucune action chimique certaine entre les gaz entrant en jeu et le catalyseur solide.

La cessation de l'inertie sous l'influence de l'eau peut en partie s'expliquer par le fait particulièrement frappant de l'adsorption énorme de la vapeur d'eau par les solides (*Intern. Critical Tables, loc. cit.*).

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Modification de la méthode de dosage de l'azote de Pregl.* Note (¹) de M. **J. J. Rutgers**, présentée par M. R. Fosse.

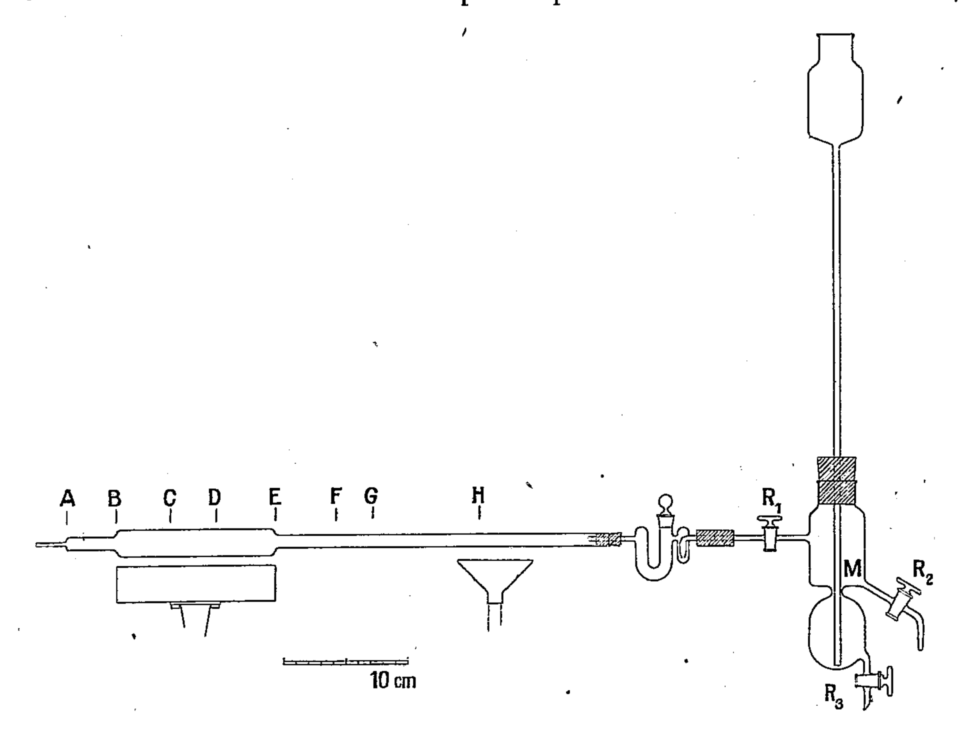
Le microdosage volumétrique de l'azote (micro-Dumas) de Pregl nous a donné toute satisfaction jusqu'au jour où nous avons eu à analyser des composés nitrés à faible teneur en azote. Dans ce cas il convient de brûler entre 10 et 15^{mg} de matière pour obtenir un volume gazeux de 0$^{cm^3}$,5 et de conduire très lentement la combustion, afin de réduire complètement les composés oxygénés de l'azote; une semblable analyse exigeait souvent près de 3 heures. Afin d'atténuer la durée du dosage, nous avons cherché à améliorer la méthode. La solution trouvée nous a donné complète satisfaction et nous l'appliquons maintenant à tous les composés azotés, quelle que soit leur teneur en azote.

Ce résultat a été obtenu en augmentant la durée de passage des gaz et en offrant à ceux-ci une plus grande surface de contact avec la charge fixe du tube à combustion. Dans ce but, nous avons porté le diamètre du tube de 8 à 20^{mm} entre les points B et E; cette modification présente l'avantage d'accroître la charge et d'abaisser la vitesse linéaire de passage des gaz dans le rapport de 6 à 1. En outre le cuivre réduit et l'oxyde de cuivre employés présentent un degré de division supérieur à celui que recommande Pregl. L'expérience a montré que grâce à cette double modification la combustion peut être conduite à la vitesse de 2 à 3 bulles par seconde et être achevée dans un temps maximum de 20 minutes; par suite la durée totale d'un dosage est limitée à 1 heure.

Le tube que nous avons employé est représenté par la figure ci-contre; entre A et B se trouve une spirale en toile de cuivre oxydé, entre B et C un mélange (3 parties pour une) de fragments de CuO en fils de 2 à 3^{mm} de long et d'une poudre assez fine, ne passant pas toutefois au tamis à mailles de 0^{mm},5 de côté, obtenue par broyage d'oxyde de cuivre en fils. La portion C-D du tube est remplie par du cuivre métallique provenant de la réduction par l'hydrogène du mélange précédent d'oxyde de cuivre en fils et en poudre. La partie D-E contient de l'oxyde de cuivre, en fils de 3^{mm} de long, maintenu en place par une courte spirale en toile de cuivre oxydé, placée en E. Cet ensemble constitue la charge permanente du tube. Pour chaque combustion on introduit jusqu'en F de l'oxyde de cuivre en fils, puis le

(¹) Séance du 29 juin 1931.

mélange de matière pesée, avec CuO en poudre. La poudre de rinçage vient ensuite et enfin on termine par une colonne de CuO en fils placée entre G et H. Entouré d'un grand tortillon autour de la partie large, et des deux tortillons habituels à la partie normale, le tube trouve sa place sur la grille de Pregl, la partie élargie n'ayant que 135^{mm} de longueur. La communication avec l'azotomètre est réalisée par un petit tube recourbé sans robinet,



tout réglage étant fait avec le robinet du Kipp, dont le boisseau présente les coups de lime de Pregl. Entre le Kipp (qui peut être un Kipp ordinaire) et le tube à combustion se trouve un compte-bulles avec tube en U chargé de bicarbonate de soude, lequel retient le gaz chlorhydrique entraîné par CO_2.

Avant l'allumage on procède à l'évacuation de l'air, ce qui exige 5 minutes, en ouvrant complètement le robinet R_1. Dès l'apparition des microbulles on ralentit le passage du courant d'anhydride carbonique de façon à obtenir une bulle toutes les 5 ou 7 secondes. Dès que la partie large du tube est bien chaude, on chauffe avec le brûleur mobile (muni d'un couronnement en éventail) l'oxyde de cuivre en H, et, en le déplaçant vers la gauche, on attaque progressivement la substance. La combustion se fait à la vitesse de 2 ou 3 bulles par seconde, et se termine par un balayage rapide.

Le petit Kipp présenté ici permet une pression légèrement supérieure à celle d'un Kipp ordinaire. Le marbre se trouve en M, et le robinet R_2 permet l'évacuation de l'acide épuisé, même pendant la marche.

En suivant les indications ci-dessus nous avons trouvé, avec différents corps azotés, des pourcentages tout à fait satisfaisants. Nous pouvons donc conclure que les modifications apportées à l'appareil de Pregl, tout en abaissant très notablement la durée d'une analyse, ne diminuent pas le degré de précision qui rend si précieuse la méthode de microdosage de l'azote.

CHIMIE MINÉRALE. — *Attaque de divers alliages par les solutions phosphoriques*. Note (¹) de MM. **A. Sanfourche** et **A. Portevin**, présentée par M. Le Chatelier.

Comme suite à l'étude de l'attaque des métaux par les solutions phosphoriques (²) nous avons examiné une série d'alliages usuels, comprenant notamment ceux le plus fréquemment utilisés pour leur résistance à la corrosion, dans des conditions expérimentales identiques à celles précédemment décrites. Ils consistent en alliages d'aluminium (alpax à 13 pour 100 Si, duralumin à 3,8 pour 100 Cu, 0,5 pour 100 Mg, 0,4 pour 100 Si, 0,4 pour 100 Mn), de cuivre (laitons à 60 et 65 pour 100 Cu; bronze à 9 pour 100 Sn; cupro-nickels à 84, à 57 et à 27 pour 100 Cu; maillechorts à 62 pour 100 Cu et 12 pour 100 Ni et à 65 pour 100 Cu et 5,7 pour 100 Ni), de plomb (régule à 7 pour 100 Sb) et en une série d'aciers de composition suivante :

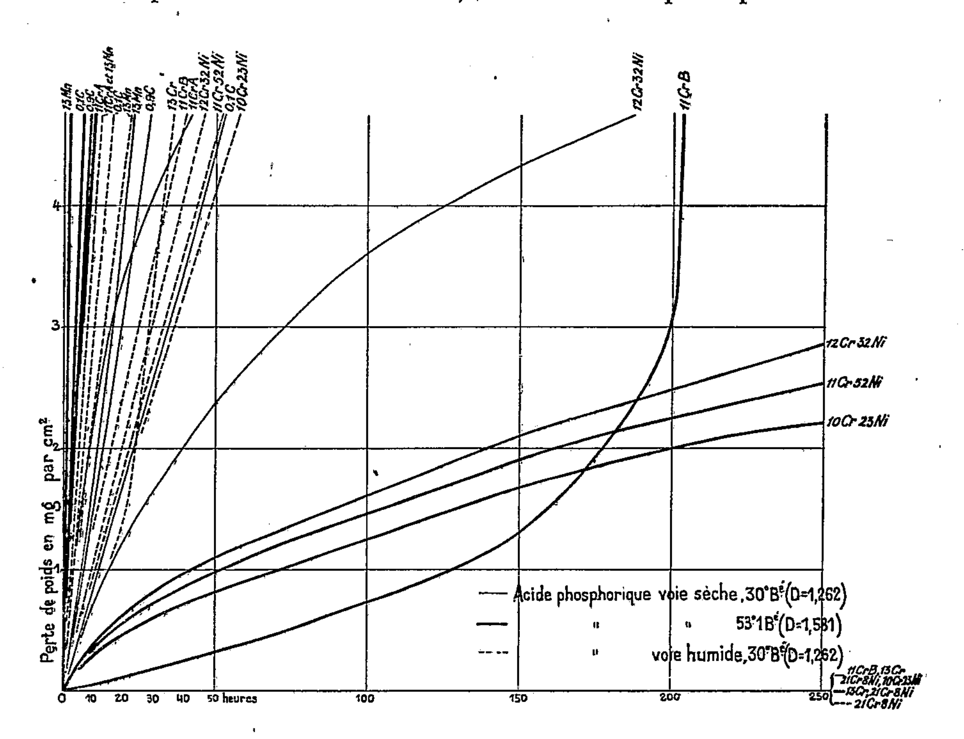
Désignation.	Type d'acier.	C %.	Mn %.	Si %.	Cr %.	Ni %.
0,1 C	Acier extra doux	0,08	0,3	0,4	–	–
0,9 C	» dur	0,93	0,2	0,4	–	–
13 Mn	» austénitique au manganèse	1,01	13,7	0,5	–	–
11 Cr A	» inoxydable ferritique au chrome	0,12	0,3	0,5	11,4	–
11 Cr B	» » » »	0,12	0,3	0,4	11,6	–
13 Cr	» inoxyd. martensitique au chrome	0,37	0,3	0,1	13,0	0,4
21 Cr 8 Ni	» inoxydable austénitique au Cr-Ni	0,18	0,3	0,1	21,0	8,5
10 Cr 23 Ni	» » » au Ni-Cr	0,26	0,5	0,2	10,0	22,9
12 Cr 32 Ni	Ferro-nickel au chrome	0,36	1,6	0,1	12,1	32,0
11 Cr 52 Ni	» au chrome-tungstène	0,27	1,4	0,1	11,2	52,2

W = 2,8; Co = 0,4.

(¹) Séance du 26 juin 1931.

(²) A. Portevin et A. Sanfourche, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1563.

Les résultats des mesures montrent que, parmi ces alliages, ceux d'aluminium sont extrêmement attaquables (pertes de 0,0002 à 0,0005 g/cm²/h.); ceux de cuivre sont très attaquables (pertes variant suivant l'alliage, de 0,00002 à 0,00004 g/cm²/h dans l'acide à 53°B., de 0,0001 à 0,0002 g/cm²/h dans l'acide par voie humide à 30° B); il est à noter que le plomb antimonié



ne conserve pas dans l'acide impur de voie humide l'immunité signalée pour le plomb pur. Les résultats obtenus avec les aciers sont représentés graphiquement par la figure qui met en évidence que seul l'acier 21 Cr 8 Ni est complètement inattaquable dans les trois qualités d'acide utilisées; l'acier 13 Cr l'est seulement dans les acides de voie sèche; les deux aciers 11 CrB et 10 Cr 23 Ni le sont seulement dans l'acide de voie sèche à 30° B. La richesse en chrome joue donc un rôle essentiel et le titre de 11 pour 100 apparaît comme une teneur critique, avec passivité instable : car, outre ce que nous venons de dire, les deux aciers 11 CrA et 11 CrB, par ailleurs chimiquement très voisins, sont l'un passif, l'autre très attaqué par l'acide de voie sèche à 30° B; de plus, l'acier 11 CrB, dans l'acide à 53°B., après avoir présenté une très faible attaque pendant 150 heures, subit une corrosion accélérée devenant comparable à celle de l'acier 11 CrA. Il est à noter

que la teneur en chrome de ces deux derniers aciers est très voisine de 1/8 mol. Cr (11,7 pour 100), concentration critique d'après Tammann et que la passivité complète est réalisée pour une teneur voisine de 2/8 mol.

Dans l'ensemble ces résultats sont d'accord avec ceux publiés par divers auteurs (¹) et les complètent sur plusieurs points.

L'inattaquabilité de l'acier austénitique au CrNi disparaît en présence de quantités minimes d'acide chlorhydrique comme nous l'avons déjà signalé (²).

En outre on a procédé à l'analyse des liqueurs après attaque; il en résulte que, dans les aciers spéciaux attaquables, le chrome s'attaque plus que le fer, le nickel moins que celui-ci; dans les cupro-nickels, l'attaque des deux constituants est parallèle, de même que dans les laitons; dans le bronze, l'étain s'attaque plus que le cuivre.

Pour compléter cette étude, nous avons examiné l'attaque phosphorique d'une série de ferro-alliages industriels de types courants (à 65 Cr, à 38 Mo, à 30 Si, à 39 Ti, à 71 W, à 64 Zr, à 58 Ta + 14 Nb, à 35 U + 7 V). Vu l'impossibilité de les façonner en éprouvettes compactes de dimensions bien définies, on a opéré sur des poudres classées à une grosseur déterminée (entre les tamis 40 et 60, correspondant à des dimensions comprises entre $0^{mm},47$ et $0^{mm},27$). Parmi ces produits, seuls le ferro-chrome et le ferro-silicium peuvent être considérés comme pratiquement résistants aux solutions phosphoriques (³).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le salicylate de mercure*. Note de MM. **P. Brenans** et **B. Rapilly**, présentée par M. Delépine.

On désigne sous le nom de salicylate de mercure deux préparations où le mercure lié au carbone du noyau est dissimulé. La plus ancienne est obtenue

(¹) Clarkson et Hetherington, *Chem. Met. Eng.*, 32, 1925, p. 811. — Pomey et Voulet, 9ᵉ *Congrès de Chimie industrielle*, Barcelone 1929, p. 220. — Perchke, Kapostyne et Youchmanov, *J. Khim. Promychl.*, 7, 1930, p. 875. — Kosting et Heins, *Ind. Eng. Chem.*, 23, 1931, p. 140.

(²) *Rev. Mét.*, 24, 1927, p. 698.

(³) A titre de comparaison on a effectué des essais analogues sur les mêmes produits avec les acides minéraux usuels (chlorhydrique à 20° B., sulfurique à 65°,5 B., nitrique à 40° B.); outre la résistance bien connue du ferro-silicium, les courbes d'attaque en fonction du temps indiquent, dans l'acide nitrique, une passivité rapidement atteinte par le ferro-chrome, lentement par le ferro-zirconium.

par Granval et Lajoux [1], par Buroni [2] et par Dimroth [3] avec l'acide salicylique et l'oxyde de mercure, ou par Buroni avec le salicylate de sodium et l'acétate mercurique. L'autre de Rupp et Gersch [4] provient de l'action du sulfate mercurique sur l'acide salicylique ou le salicylate de sodium.

Ces savants, à la suite de Dimroth (*loc. cit.*), ont établi la constitution de ces produits en les transformant eux ou leurs composés d'addition avec le cyanure de potassium $N \equiv C - Hg - C^6H^3 - OH - COOK$, par l'iode ioduré, en acides iodosalicyliques, l'iode se substituant, dans cette action, à l'atome de mercure ou au groupement $N \equiv C - Hg$.

Pour Dimroth le salicylate de mercure donnant l'acide iodo-3-salicylique, qui par fusion alcaline forme l'acide pyrocatéchine carbonique, est un composé défini où le mercure est en position 3. Pour Gadamer [5] c'est l'isomère 1.2.5 ou un mélange des isomères 1.2.3 et 1.2.5. Pour Bœdecker et Wunstorf [6] c'est un mélange de deux isomères; l'isomère 1.2.3 donnant avec le cyanure de potassium un sel peu soluble qui avec l'iode fournit l'acide iodo-3-salicylique, fusible à 198° et l'isomère 1.2.5 donnant un sel très soluble transformé par l'iode en acide iodo-5-salicylique, fondant à 196°.

D'après nos recherches qui font l'objet de cette Note et qui ont eu pour but la transformation de ces produits en acides iodosalicyliques, la préparation ancienne semble bien avoir la formule d'un anhydride

$$\underbrace{Hg - C^6H^3 - (OH) - CO}_{O}$$

de l'acide oxymercurisalicylique, l'autre contient une quantité importante d'un composé dimère qui pour Gadamer (*loc. cit.*) est une impureté de formule

$$OH - C^6H^4 - CO^2 - \underset{(5)}{Hg} - \underbrace{C^6H^2 - (OH) - CO^2}_{\underset{(3)}{Hg}}$$

Action de l'iode sur l'ancienne préparation. — En opérant, comme Dimroth, on obtient un mélange d'acides iodosalicyliques qu'on a isolés au

(1) *Comptes rendus*, 117, 1880, p. 44.
(2) *Gazz. Chim. ital.*, 32, II, 1902, p. 305 et 311.
(3) *D. Ch. G.*, 35, 1902, p. 2870.
(4) *Arch. de Pharm.*, 264, 1926, p. 88; 265, 1927, p. 323; 266, 1928, p. 504.
(5) *Arch. de Pharm.*, 256, 1918, p. 275.
(6) *Arch. de Pharm.*, 263, 1925, p. 430.

moyen de leurs sels de baryum, séparés par cristallisation fractionnée. Le sel de baryum le moins soluble fournit l'acide diiodo-3-5 — salicylique, fusible à 228°. Son éther acétique (P. de f. 154-155°) est identique à l'éther déjà décrit [1]. Le sel de baryum le plus soluble donne un produit fusible à 180-184°, constitué en grande partie par l'acide iodo-5-salicylique dont l'éther acétique (P. de f. 165°) est identique à l'éther de cet isomère.

Action du cyanure de potassium sur cette préparation ancienne. — En opérant comme Bœdecker et Wunstorf (*loc. cit.*) avec 33g,60 de salicylate de mercure et 7g,40 de cyanure, nous avons obtenu 20g d'un sel pur, anhydre, en paillettes blanches, réfringentes, soluble dans l'eau chaude, peu soluble dans l'eau froide. Ce sel donne la réaction du salicylate; il ne donne la réaction des cyanures et du mercure qu'après hydrolyse par l'acide chlorhydrique à l'ébullition.

La solution aqueuse de ce sel additionnée d'un léger excès d'iode ioduré fournit, après décoloration par le gaz sulfureux, l'acide iodo-5-salicylique, pur, fusible à 198°, ainsi identifié par les propriétés de son éther acétique, et de son éther-oxyde éthylique (P. de f. 74°),

Le cyanomercurosalicylate de potassium peu soluble n'est pas l'isomère $(N \equiv C - Hg)_5 - C^6H^3 - (OH)_2 - (COOK)_1$ comme le pensaient Bœdecker et Wunstorf, mais bien l'isomère 1.2.5 puisqu'il donne l'acide iodo-5-salicylique.

Le salicylate de mercure de l'ancienne préparation est donc formé principalement de l'anhydride de l'acide oxymercurisalicylique où l'atome de mercure est en position 5.

Action du cyanure sur le salicylate de mercure de Rupp et Gersch. — Nous avons dans cette action obtenu avec 22g,40 de salicylate et 5g de cyanure 18g d'un composé azoté qui fournit avec l'eau chaude une solution qui se prend en une gelée par refroidissement. Cette gelée se transforme au bout de quelques jours en cristaux blancs d'un sel de potassium. Sa solution aqueuse donne la réaction de l'acide salicylique; elle ne donne pas la réaction d'un cyanure, ni celle du mercure, mais présente ces réactions après hydrolyse par l'acide chlorhydrique à chaud.

Action de l'iode. — Traité en solution aqueuse par l'iode ioduré, ce sel donne naissance à l'acide diiodo-3.5-salicylique.

Les propriétés et les chiffres de l'analyse de ce sel lui assignent la for-

---

(1) Brenans et Prost, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1629.

mule du dicyanomercurisalicylate de potassium

$$(N \equiv C - Hg)_3 - C^6H^2 - (Hg - CN)_3(OH)_2(COOK)_1$$

formé dans l'action du cyanure sur le dimère $C^{14}H^8O^6Hg^2$ qui constitue en partie le salicylate de mercure de Rupp et Gersch.

Procédés de dosage. — Nous avons trouvé dans l'action du cyanure sur le salicylate de mercure un mode de dosage du mercure total de ces préparations.

On ajoute à une prise d'essai (entre $0^g,10$ et $0^g,20$) de salicylate un volume connu employé en excès de solution $\frac{N}{5}$ de cyanure de potassium équivalent au même volume de solution d'azotate d'argent $\frac{N}{10}$. On additionne la solution de 40^{cm^3} d'eau, puis de 10^{cm^3} d'ammoniaque et d'un cristal d'iodure et l'on titre l'excès de cyanure avec la solution $\frac{N}{10}$ d'azotate d'argent. 1^{cm^3} de la solution de cyanure $\frac{N}{10}$ correspond à 0,03366 de salicylate et à 0,020066 de mercure.

Nous avons aussi appliqué au dosage pondéral de l'acide salicylique du salicylate de mercure, du cyanomercuro-5-salicylate et du dicyanomercuro-3.5-salicylate le procédé de Bougault (1).

Dans l'action à chaud d'un excès d'iode ioduré et du carbonate de sodium sur ces composés, l'acide salicylique combiné au mercure se transforme en rouge de Lautemann insoluble qu'on recueille, lave, sèche et pèse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Combinaisons organiques sulfurées de tungstène et de molybdène.* Note de MM. L. **Debucquet** et L. **Velluz**, présentée par M. G. Urbain.

Les propriétés acides des sulfures de tungstène [WS^3] et de molybdène [MoS^3] sont démontrées par leurs solubilités dans les sulfures alcalins ou dans certaines bases organiques. Aucune combinaison cristallisée n'a été cependant décrite où ces sulfures sont associés à une base hétérocyclique. Comme nous l'avons observé, le passage de l'hydrogène sulfuré dans des

(1) *Journ. Pharm. Chim.*, 28, 1908, p. 150.

solutions aqueuses de différents tungstates ou molybdates organiques [1] ne provoque qu'une simple coloration brun foncé, et si, dans quelques cas, on note une précipitation, il s'agit toujours de produits amorphes, mal définis, voisins des sulfures noirs WS^3 ou MoS^3.

En opposition avec ces résultats négatifs, deux bases hétérocycliques nous ont permis, par contre, d'isoler et d'étudier quatre dérivés mixtes où les sulfures de tungstène et de molybdène sont unis aux sulfhydrates ou sulfures de deux molécules azotées, la pipéridine et la pipérazine.

Nous avons préparé le tungstate ou le molybdate de ces bases hétérocycliques en solubilisant une partie d'acide tungstique [1] ou d'acide molybdique dans 5 parties de pipéridine ou d'hydrate de pipérazine, préalablement dissous dans 50 ou 100 parties d'eau distillée. Ces solutions ont été soumises, à froid, à l'action prolongée d'un courant lent d'hydrogène sulfuré. On observe très rapidement l'apparition d'une coloration jaune serin pour les composés tungstiques, rouge rubis pour les dérivés molybdiques, et des précipités cristallins se forment. La précipitation est achevée en abandonnant, dans leur atmosphère sulfurée, pendant deux ou trois jours, la solution et les précipités. Ceux-ci sont alors isolés, lavés à l'alcool éthylique absolu, à l'éther éthylique, puis séchés à l'air libre.

Les combinaisons ainsi obtenues sont les suivantes :

I. *Sulfures doubles de tungstène et de pipérazine :*

A. $[WS^3, C^4H^{10}N^2]^2H^2S$, P. M. = 765,2.

Cristaux lamelleux, jaune citron, anhydres, peu solubles dans l'eau distillée froide, très peu solubles dans les solvants organiques habituels. P. F. décomposés.

Analyse. — Calculé pour 100 : W, 47,98; S, 29,27; N, 7,31.

Trouvé pour 100 : W, 47,51; S, 27,88; N, 7,35.

B. $WS^3[C^4H^{10}N^2]^2H^2S$, P. M. = 485,6.

Obtenu à partir du précédent par recristallisation d'une solution dans l'hydrate de pipérazine. Longues et magnifiques aiguilles jaune ocre. Propriétés voisines des précédentes.

Analyse. — Calculé pour 100 : W, 37,80; S, 26,35; N, 11,53.

Trouvé pour 100 : W, 37,81; S, 26,92; N, 11,69.

---

[1] La solubilisation rapide et complète de l'acide tungstique n'a pu être obtenue qu'en partant de son hydrate, fraîchement précipité d'une solution de tungstate de sodium et purifié par dialyse.

II. *Sulfure double de molybdène et de pipéridine.*

$$MoS^3[C^5H^{11}N]^2H^2S, \quad P. M. = 396.$$

Petits cristaux aciculaires, rouge rubis, possédant les mêmes propriétés que celles déjà décrites, mais plus solubles dans l'eau.

Analyse. — Calculé pour 100 : Mo, 24,19; S, 32,32; $C^5H^{11}N^2$, 42,92.

Trouvé pour 100 : Mo, 23,95; S, 33,58; $C^5H^{11}N^2$, 42,40.

III. *Sulfure double de molybdène et de pipérazine.*

$$MoS^3, C^4H^{10}N^2, H^2S, \quad P. M. = 312.$$

Cristaux lamelleux losangiques, rouge brique. Mêmes propriétés. Ce sulfure, recristallisé d'une solution dans l'hydrate de pipérazine, conserve la même formule.

Analyse. — Calculé pour 100 : Mo, 30,76; S, 41,02; N, 8,97.

Trouvé pour 100 : Mo, 30,48; S, 41,10; N, 8,90.

Une dernière vérification des formules indiquées ci-dessus nous a été apportée par l'action d'une solution chaude, à 5 pour 100 d'acide chlorhydrique, sur les suspensions aqueuses de ces sulfures doubles. Nous avons en effet séparé, par cette méthode directe, les sulfures métalliques et la base organique, ainsi transformée en chlorhydrate avec dégagement d'hydrogène sulfuré. Le procédé appliqué, en particulier, au sulfure double de molybdène et de pipérazine nous a donné les résultats analytiques suivants :

Calculé pour 100 : MoS^3, 61,53; $C^4H^{10}N^2$, 27,56. Trouvé pour 100 : MoS^3, 61,72; $C^4H^{10}N^2$, 27,74.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transformation de la benzine en méthane.* Note [1] de MM. **A. Mailhe** et **Creusot**, présentée par M. Matignon.

On sait qu'en soumettant la benzine à l'action hydrogénante du nickel à 300°, on la transforme partiellement en méthane [2] :

$$C^6H^6 + 9H^2 = 6CH^4.$$

Cette réaction n'ayant été obtenue que d'une manière qualitative, nous l'avons étudiée d'une manière plus approfondie.

Comme dans toutes les expériences d'hydrogénation, nous avons disposé

(1) Séance du 29 juin 1931.

(2) Sabatier et Senderens, *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, 4, 1905, p. 334.

sur une grille à analyse, à température bien réglée, un tube contenant une couche de nickel divisé, provenant de la réduction d'un oxyde issu du nitrate. L'hydrogène et la benzine purs étaient dirigés mesurés sur le nickel par l'une des extrémités du tube, et à la sortie les gaz étaient recueillis et analysés après avoir été débarrassés au préalable, des vapeurs de benzol entraîné, par refroidissement et par le mélange sulfonitrique.

Nous avons étudié le phénomène à diverses températures avec plusieurs nickels plus ou moins actifs, et déterminé, pour chaque température avec un catalyseur neuf, le pour cent de méthane formé.

Avec un nickel dur, grenu, compact, obtenu par calcination du nitrate au rouge, on a obtenu

Température.	CH^4 p. 100.
260°	14,1
270	22,8
280	29,4
290	15,4

Le même nickel, calciné, puis réduit, a fourni à 290° 11,2 pour 100 CH^4. Un oxyde léger calciné à plus faible température a fourni 25 pour 100 CH^4 à 290°. On constate en outre qu'un excès de benzène ou d'hydrogène diminue les rendements.

L'activité du nickel jouant un rôle important dans la réaction, nous avons préparé un catalyseur à basse température et avec un débit d'hydrogène de 50^{cm^3} par minute et un débit de benzine pure de 2^{cm^3} en 5 minutes, on a obtenu :

Températures.	CH^4 pour 100.	Températures.	CH^4 pour 100.
260°	36,0	310°	17,1
270	46,2	320	18,9
280	50,4	330	20,0
290	37,9	340	26,2
300	27,0		

Dans les mêmes conditions, avec une benzine complètement exempte de thiophène, on obtient :

Températures.	CH^4 pour 100.	Températures.	CH^4 pour 100.
250°	54,9	290°	64,7
260	63,4	300	62
270	68,3	310	67,4
280	69,8	340	63,1

Ces nombres montrent que ;

1° la formation de méthane commence bien avant 300°;

2° un benzène exempt complètement de thiophène donne une plus forte proportion de méthane;

3° un maximum a lieu vers 280°;

4° à partir de cette température, la proportion de CH^4 diminue jusqu'à 310° pour se relever ensuite.

Or, si on examine les nickels qui ont travaillé entre 290° et 310°, on ne constate pas la formation de charbon, mais plutôt celle d'une substance cireuse jaune qui est soluble dans l'acétone. Après 310°, elle ne se produit plus d'une manière sensible. Il s'ensuit que c'est à sa présence qu'est due la diminution d'activité du nickel.

Nous avons examiné comment se comporte un même nickel lorsqu'on transforme une quantité importante de benzine, environ 95$^{cm^3}$ aux deux températures maximum de 270-280° et 320-330°.

Le débit d'hydrogène étant de 40$^{cm^3}$ par minute, celui de la benzine de 0$^{cm^3}$,4 en 15 minutes, on a obtenu les résultats suivants :

270°.	CH^4 pour 100.	325°.	CH^4 pour 100.
3 heures	82,3	2 heures	78,2
7 »	76,5	10 »	76,2
28 »	71,0	32 »	75,9
39 »	67,3	47 »	75,5
51 »	59,9	49 »	75.8

La proportion de méthane formé s'abaisse plus rapidement à 270° qu'à 325°. L'activité du catalyseur diminue plus vite. Si l'on épuise par l'acétone, le premier donne une solution fortement colorée en jaune, celui de 325° une solution à peine colorée.

Une autre charge de nickel ayant travaillé à 270° pendant 40 heures a fourni au bout de ce temps 62,2 pour 100 de méthane. Sans le retirer du tube, la température étant portée rapidement à 325°, on a fait passer pendant 12 heures un fort courant d'hydrogène. L'hydrogénation de la benzine pratiquée alors à cette température a fourni un gaz renfermant 76 pour 100 de méthane.

L'ensemble de ces résultats montre que : 1° la transformation de la benzine en méthane au contact du nickel divisé commence bien avant 300° (à 220°, on trouve 6,5 pour 100 CH^4); 2° il y a un maximum de transformation à 270-280° et cette température il se forme une matière de

nature cireuse qui, par dépôt sur le nickel, diminue son activité; 3° cette cire ne se produit pas à 310-320°, ce qui permet l'hydrogénation plus complète de la benzine; le méthane passe par un second maximum; 4° il est possible de réactiver un nickel de 270°, souillé de cire, en le chauffant dans un courant d'hydrogène à 320-330°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les oxydes organiques dissociables. Sur un quatrième terme d'oxydation réductible du rubrène : le dihydroxydihydrorubrène* $C^{42}H^{28}(OH)^2$. Note de MM. **Charles Dufraisse** et **Marius Badoche**, présentée par M. Delépine.

Les oxydes réductibles du rubrène antérieurement décrits sont, en désignant le rubrène ($C^{42}H^{28}$) par R, l'oxyde dissociable ou oxyrubrène [1] $R(O^2)$ et deux oxydes réductibles mais non dissociables, le dioxyde ou isooxyrubrène [2] RO^2 et le monoxyde [3] RO. Le composé qui fait l'objet de la présente Note, étant formé par addition de deux oxhydryles au rubrène, $R(OH)^2$, a reçu, conformément aux conventions de nomenclature en cours, le nom de *dihydroxydihydrorubrène*.

A. Ce corps a été trouvé en même temps que les deux autres oxydes, parmi les produits résultant de l'attaque de l'oxyde dissociable $R(O^2)$ par le réactif de Grignard, réaction dont nous avons précédemment signalé la complexité. Il se forme avec les magnésiens les plus variés, tels que méthylique, éthylique, phénylique ou naphtylique, et même, en petites quantités, avec l'iodure de magnésium.

Il se présente en aiguilles incolores, retenant du solvant, assez solubles dans le benzène chaud et le sulfure de carbone, peu solubles dans l'éther; son point de fusion instantanée (bloc Maquenne) se trouve à 307°-308°. Les analyses et les déterminations du poids moléculaire sont en accord avec la formule $C^{42}H^{28}(OH)^2$. Les oxhydryles ont été caractérisés et dosés par la méthode au réactif de Grignard (trouvé 1,85 au lieu de 2).

Le dihydroxydihydrorubrène présente trois réactions principales :

1° Par chauffage modéré, il perd une molécule d'eau en donnant le monoxyde de rubrène $R(OH)^2 = RO + H^2O$.

---

(1) Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et P. M. Dean, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1584.

(2) Ch. Dufraisse et M. Badoche, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 104.

(3) Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et L. Enderlin, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1528.

2° Il est très sensible aux agents de déshydratation, qui lui enlèvent deux molécules d'eau et le transforment en un hydrocarbure incolore $C^{42}H^{26}$, différent du rubrène ($C^{42}H^{28}$) par H^2 en moins. Cet hydrocarbure semble être identique à l'un des satellites du rubrène signalé antérieurement ([1]) et caractérisé par une fluorescence violette intense, en même temps que par un point de fusion très élevé (455°).

3° Enfin le composé dihydroxylé, qui n'est pas dissociable, peut être facilement réduit en rubrène, au moyen du fer divisé, par exemple.

Nous proposons pour ce corps la formule I, qui découle des réactions décrites et principalement de la transformation en monoxyde de rubrène II par déshydratation.

I Dihydroxydihydrorubrène

II Monoxyde de rubrène

B. Ainsi, d'après l'ensemble des faits actuellement établis, le rubrène jouit de deux propriétés exceptionnelles : d'une part, l'aptitude à contracter avec l'oxygène une union dissociable (oxydabilité réversible), et, d'autre part, la faculté de former plusieurs oxydes facilement réductibles (oxydabilité réductible). Ces deux propriétés découlent sans doute d'une seule cause : une oxydabilité d'un genre à part, une aptitude spéciale à accueillir l'oxygène avec le minimum de perturbations intramoléculaires. L'oxygène entre et sort de la molécule sans rien déplacer, pas même un atome d'hydrogène, contrairement à tant d'autres oxydations usuelles; tout au plus s'ensuit-il un réarrangement, d'ailleurs réversible, des liaisons carbonées.

L'aptitude à former des oxydes organiques dissociables paraît donc être conditionnée par une structure susceptible de subir sans grand dommage des oxydations même assez profondes.

([1]) Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et C.-L. Butler, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 101.

C. S'il en est ainsi, l'on doit s'attendre réciproquement à retrouver chez les corps connus comme donnant un oxyde dissociable la même tendance à former des termes d'oxydation non dissociables, mais réductibles. Tel est effectivement le cas de l'hémoglobine qui donne, en plus de l'oxyhémoglobine dissociable, un oxyde non dissociable, mais réductible, la méthémoglobine.

La question se pose alors de savoir s'il n'existe pas plusieurs méthémoglobines, comme il existe plusieurs oxydes réductibles du rubrène : RO^2, RO et $R(OH)^2$.

Or, par une coïncidence vraiment troublante, ces trois formules correspondent exactement à trois de celles qui ont été proposées, chacune avec preuves expérimentales, pour la méthémoglobine, soit HbO^2, HbO et $Hb(OH)^2$.

A la vérité les travaux de Conant et de ses collaborateurs pouvaient être considérés comme réglant définitivement la question en faveur d'une quatrième formule, celle-là sans oxygène. Toutefois, par analogie avec ce qui vient d'être observé chez le rubrène, n'y aurait-il pas lieu de rechercher si la méthémoglobine est véritablement une espèce unique, ou si, là encore, il ne se formerait pas simultanément plusieurs oxydes, l'un ou l'autre prenant la prépondérance suivant les conditions de la préparation ? Les divergences entre les opinions des auteurs trouveraient ainsi une explication toute rationnelle.

GÉOLOGIE. — *L'évolution du littoral et la formation des tombolos dans la région de Paimpol (Côtes-du-Nord).* Note de M. **Yves Milon**, présentée par M. L. Cayeux.

Le long de la côte nord de Bretagne, et, en particulier aux environs de Paimpol, le contraste est frappant entre le relief très adouci de l'intérieur, et l'aspect chaotique et ruiniforme du paysage côtier. L'étude de la zone de transition des domaines maritimes et continentaux permet d'expliquer, en faisant appel à un passé relativement récent, les grandes lignes de l'évolution du littoral. M. de Martonne a pris cette région comme type des côtes à rias bretonnes, et a décrit (1) l'œuvre de l'érosion marine qui, dans les

(1) E. de Martonne, *Excursion géographique en Basse-Bretagne* (*Travaux Lab. Géogr. Université*, Rennes, n° 3, 1904, p. 323).

roches cristallines, travaillerait surtout latéralement, en creusant des criques arrondies entre des péninsules rocheuses.

L'action érosive de la mer sur les granites a été généralement exagérée. M. Cayeux a montré l'insignifiance du taux séculaire de l'érosion marine aux dépens du granite. La formation des anses arrondies est commandée, et préparée, par la répartition des dépôts quaternaires superficiels : head, limon et loess, qui colmatent, et masquent, les irrégularités de la surface accidentée du substratum rocheux. Ce relief est empâté et fossilisé, dans les zones continentales; partiellement exhumé le long de la frange littorale, et presque totalement décapé dans la zone de battement des marées. Les anses arrondies sont creusées, non dans le granite, mais dans les limons quaternaires, dont l'éboulement résulte de l'action combinée des eaux d'infiltration et de la mer.

La répartition des galets dans ces anses est due, non seulement à l'action des courants actuels, mais aussi à la présence ou à l'absence, en falaise, d'amas plus ou moins importants de head, ou de galets quaternaires. Une grande partie des galets de plage provient directement de la falaise surplombante, et l'on trouve sur l'estran (qui est en quelque sorte le reflet de la falaise) tous les stades du passage entre le bloc anguleux provenant du head de solifluxion, et le galet poli, et parfaitement arrondi. La dissémination des galets le long du littoral se fait à partir des falaises riches en matériaux rocheux quaternaires, et suivant le régime local des courants.

L'affouillement du revêtement meuble colmatant les pointes rocheuses dégage souvent des îlots, ou écueils, préexistants, recouverts de limon, et reliés aux falaises rocheuses, situées en arrière, par des coulées de blocaux de solifluxion (head). Lorsque l'exhumation de ce relief ancien est poussée plus loin, les champs de blocs de head s'éboulent sur l'estran, reliant ainsi l'îlot au littoral. Certains de ces blocs sont ensuite usés sur place, polis par la mer, et transformés en galets. Mais, sous un placage, plus ou moins épais, de ces galets récents on peut retrouver les blocs de la coulée pierreuse primitive. De nombreux petits tombolos de la côte de l'Arcouest n'ont pas d'autre origine; la mer n'a donc pas édifié ces chaussées de galets, elle se borne à utiliser, en les polissant, les matériaux transportés au Monastirien par les coulées de boue.

En résumé : 1° Les mêmes matériaux rocheux sont fréquemment repris le long du littoral dans plusieurs cycles successifs.

2° L'érosion marine et le jeu des causes actuelles ne suffisent pas à expliquer l'évolution récente du littoral armoricain. Pour saisir la formation

des moindres détails de la côte : tracé des anses, répartition des champs de blocs et de galets, formation des tombolos, etc., il faut faire intervenir un passé récent, et s'efforcer de retrouver sous les traits du paysage actuel les grandes lignes de l'histoire quaternaire.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *La décomposition et la désagrégation du granite à biotite au Japon et en Corée et les formes du modelé qui en résultent.* Note de M. **François Ruellan.**

Au milieu de la magnifique végétation qui couvre les montagnes japonaises on voit fréquemment des massifs blanchâtres, de topographie confuse, très affouillées par l'érosion. Les ravins gardent généralement leur couvert végétal, mais les arêtes qui les séparent sont complètement chauves. La surprise est grande lorsque l'on constate qu'il s'agit de massifs granitiques surmontés d'une arène épaisse. Ces montagnes décharnées ne se voient pas dans tous les terrains granitiques ou du moins dans toute leur étendue, car les sommets ont souvent une surface presque régulièrement aplanie. Il nous a donc paru intéressant de rechercher comment se produisent ces formes du relief des granites.

Le mont Rokko (932^{m}), situé au nord de Kobé, est formé par un granite à biotite avec du feldspath de couleur chair dont les éléments sont d'une grosseur moyenne. Au sommet se trouve un fragment de pénéplaine attaqué violemment par l'érosion torrentielle dont l'action est facilitée par la décomposition et la désagrégation sur place du granite. Nous avons pu observer la section de blocs brisés. Du noyau central intact de la boule de granite on passait d'abord à une partie altérée rougeâtre épaisse de quelques centimètres qui avait gardé sa cohésion avec la roche fraîche mais avait, pris une couleur rougeâtre par suite de l'oxydation du fer contenu dans la biotite. Puis venait une écorce faite d'éléments également rougeâtres tenant encore ensemble sur une épaisseur de dix centimètres, mais qui s'étaient décollés du bloc dont ils étaient séparés par un intervalle de quelques millimètres. Par l'aspect rugueux de cette écorce on passait progressivement à l'arène où l'on retrouvait presque intacts les éléments constitutifs du granite. Cette désagrégation granuleuse du granite est très rapide au Japon sous l'influence des fortes précipitations pluvieuses et neigeuses suivies d'insolations qui, par 35° de latitude, réchauffent brusquement les

roches et provoquent des mouvements de l'eau par capillarité. L'humidité et la chaleur de l'air facilitent l'hydratation.

Les lamelles hydratées augmentent de volume, se soulèvent et ne reviennent pas à leur ancienne position. Le gel ajoute son action et contribue à cette désagrégation surtout mécanique des granites en arènes granuleuses qui forment de grands éboulis de sables, où le ruissellement et les glissements produisent des aspects singuliers : crêtes de sables en forme d'arêtes ou de dents de scie, amas de blocs enrobés dans leur carapace d'arène et qui ressemblent à des poupées emmaillotées, cirques torrentiels encombrés d'arène. de rochers et de pierrailles.

La fonte rapide des neiges, les pluies violentes amenées par les typhons et même les violents tremblements de terre provoquent l'écroulement de ces débris qui atteignent facilement les agglomérations de piémont. Le gouvernement japonais fait des travaux pour arrêter ces éboulements. A la surface de l'arène, fréquemment à nu, soumise aux chutes de pluie et aux violentes évaporations, il se forme, quand la pente diminue, une croûte dure produite par un ciment ferro-siliceux déposé par les eaux évaporées, sorte d'arkose, que l'on peut effriter, mais que, par temps sec, on ne peut briser qu'au marteau.

Cette violente érosion ronge la pénéplaine et la réduit à un squelette de crêtes déchiquetées où alternent rochers et arènes sans végétation ou presque.

La végétation ne tient pas dans cette arène. Elle s'installe d'abord dans les diaclases des roches qu'elle contribue à élargir, mais, dès que se forme l'arène mobile, l'arbre s'incline jusqu'au moment où un éboulement, de fortes pluies décapent les racines et l'entraînent dans le torrent voisin. Dans un pays où la végétation est toute puissante, il est piquant de voir que les pentes des massifs granitiques restent chauves et comme décharnées.

Dans les lits des torrents, l'érosion, alternativement subaérienne et fluviale, forme de magnifiques lapiés dans les granites.

Dans les Alpes japonaises, au Tubakuro (2763^{m}) les phénomènes de déflatation, d'éclatement de roches, les avalanches ajoutent leur effet; la pente rend l'attaque très brutale et, le plus souvent, la pénéplaine est réduite à une crête étroite. Au contraire, dans le petit massif granitique peu élevé (300^{m}) situé au sud du mont Hiei, la pénéplaine est respectée et l'on trouve même la marque d'un second cycle.

En Corée, où l'hiver est une saison sèche et froide, l'arène se forme moins vite, mais, après un été chaud et très pluvieux, pendant lequel les roches s'imbibent d'eau, les phénomènes d'éclatement jouent l'hiver un

très grand rôle et les formes du relief au Kongo-San dépendent surtout de la disposition des diaclases et de leur direction. La désagrégation granuleuse reprend sa force dans la région maritime où le froid est moins intense.

En Chine, à Hong-Kong, on observe aussi une surface ancienne au sommet du Peak, des crêtes décharnées aux arêtes vives sur les versants, et, dans une carrière, des blocs de granite enrobés dans une épaisse arène.

Il nous semble donc que le régime de pluies abondantes, mais intermittentes dans un climat subtropical à très fortes variations de température où la chaleur et les grosses précipitations se produisent à la même époque, conditions que réalisent les moussons au Japon, partiellement en Corée et localement en Chine, peut produire une décomposition et une désagrégation granuleuses rapides du granite à moyens et gros éléments qui laisse des chaos de blocs altérés et une épaisse arène. Dans le nord de l'Europe Occidentale, les granites de même nature ne s'altèrent pas aussi facilement et l'on peut se demander si les chaos qu'on y observe n'ont pas été formés dans un climat humide à fortes variations de température avec un été très chaud et très pluvieux.

C'est le climat en effet qui explique la décomposition et la désagrégation granuleuse du granite, l'action violente du ruissellement et celle de la végétation. Qu'un des facteurs varie, l'action s'accélère ou se ralentit et le relief se transforme. Mais la pente est un autre facteur essentiel notamment pour le développement de ces formes de prime jeunesse que nous avons décrites. Au Japon précisément, les mouvements récents qui ont compartimenté le pays en une marqueterie de horsts et de fossés ont redonné généralement une force extraordinaire à l'érosion. Les versants des torrents se recoupent fréquemment, les formes concaves dominent et se maintiendront jusqu'au moment où la pente se trouvera diminuée par l'effet du travail d'érosion. A ce moment les arènes seront moins facilement entrainées, les croupes se développeront, les ravins seront remplacés par des vallons où l'arène séjournera et se décomposera en éléments fins.

Enfin la nature, la composition et la disposition des diaclases de la roche peuvent varier sensiblement et donner des formes différentes dans des régions très voisines. Il est donc essentiel de tenir compte des combinaisons locales des phénomènes, non seulement actuelles mais passées, pour expliquer la variété du relief produit dans le granite à biotite par l'érosion.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les phénomènes des puits souffleurs du pays de Caux.* Note [1] de MM. **Caulle** et **Idrac**, présentée par M. Ch. Maurain.

Il existe dans le pays de Caux des puits creusés dans le but d'extraire de la marne à une profondeur d'une vingtaine de mètres et qui présentent la curieuse particularité de souffler ou d'aspirer de l'air, suivant les circonstances atmosphériques. Ce phénomène, connu depuis longtemps des habitants du pays, leur permet même, disent-ils, de prévoir le temps. Ce fait est d'autant plus curieux que ces puits ne communiquent qu'avec des chambres peu spacieuses, et le soufflement ou l'aspiration de l'air se produit, même quand le puits creusé jusqu'à une trentaine de mètres ne communique avec aucune galerie d'exploitation, comme nous avons pu nous en convaincre nous-mêmes en y descendant.

Le terrain dans lequel ils sont creusés est une craie compacte recouverte d'une couche argileuse imperméable, ne présentant que des cavités sans importance. Les plus grandes rencontrées et exceptionnellement par les marniers, ne dépassent pas 2 ou 3^{m^3}.

Nous avons donc pensé qu'il serait intéressant d'étudier ce phénomène et de le comparer aux variations des différentes caractéristiques atmosphériques.

Pour cela nous avons placé, en surface et au fond de ces puits, des baromètres, thermomètres et hygromètres enregistreurs ainsi qu'un anémomètre dont l'enregistrement obtenu photographiquement donne sur une pellicule la direction et la vitesse du courant d'air; cet enregistrement pouvant se prolonger pendant 7 jours sans changer de pellicule.

Afin d'augmenter un peu le débit de l'air dans l'anémomètre, l'orifice du puits a été restreint à un carré de 33^{cm} de côté. Dans ces conditions, la vitesse du courant atteint, à certains moments, plus de 4^{m} par seconde, correspondant à un débit de 1400^{m^3} à l'heure, malgré que le volume des chambres de cette marnière ne soit que de quelques centaines de mètres cubes.

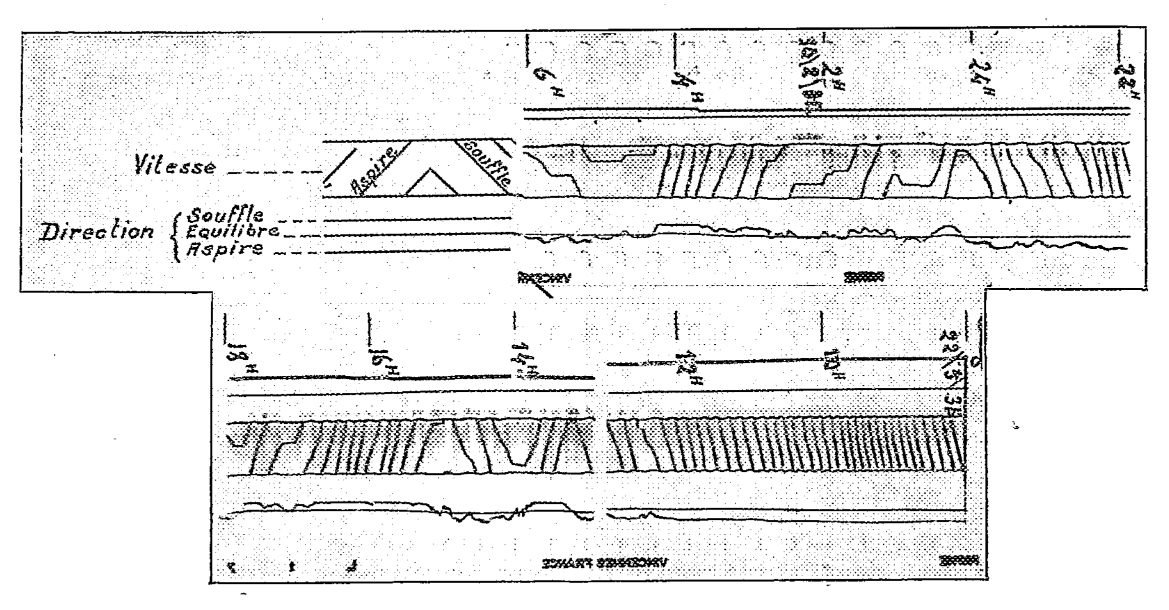
Une cabane ne communiquant que par des fentes avec l'extérieur permet d'éliminer les effets de pression statique dus au vent.

Une série d'enregistrements a déjà été obtenue depuis plusieurs mois. Quoique l'étude ne soit pas encore terminée, on peut néanmoins affirmer

(1) Séance du 15 juin 1931.

dès maintenant que les variations de vitesse et de direction du courant d'air sont en relations intimes avec les variations de la pression atmosphérique, le puits soufflant quand le baromètre descend et aspirant quand il monte.

Les mesures de débit d'air, comparées aux variations de la pression, montrent que tout se passe comme si le puits était en communication avec une chambre d'une capacité de 2 millions de mètres cubes environ.



Exemple d'inscription du souffle des puits souffleurs. En allant de droite à gauche, les traits sont inclinés de bas en haut quand le puits aspire et de haut en bas quand il souffle. L'inclinaison est d'autant plus forte que le débit du puits est plus grand. Le passage d'un trait au suivant correspond au passage de 25 mètres cubes. La courbe inférieure, inscription de l'inclinaison d'un volet, précise le sens en cas de débits trop faibles pour faire tourner le moulinet.

Nous avons pensé qu'il fallait chercher l'explication de ce fait dans la porosité de la craie où est creusé ce puits, et l'imperméabilité de la couche argileuse qui la recouvre. La craie en effet, ainsi que l'ont montré des expériences directes faites au laboratoire avec des échantillons prélevés sur place, présente une assez grande perméabilité et les vides capillaires que l'on y rencontre forment 32 pour 100 du volume total. Le phénomène s'explique donc en admettant que le puits est en communication avec les canaux capillaires de la craie se prolongeant dans un volume de 6.000.000 de m³ de terrain. Nous serions donc en présence d'une gigantesque bouteille thermos offerte par la nature, la température, à ces profondeurs, ne variant que de quelques dixièmes de degré et l'air qui circule dans les canaux

capillaires de la craie prenant très rapidement la température du terrain; cette bouteille naturelle devra souffler ou aspirer de l'air suivant les variations de la pression extérieure.

L'étude se poursuit afin de voir quel retard le frottement le long des canaux exerce sur la correspondance des variations de pression extérieure et de débit.

Il est toutefois intéressant, dès maintenant, de constater l'existence d'un moyen mis par la nature à notre disposition et qui permet et a permis, bien avant l'invention du baromètre, de connaître les valeurs de la tendance barométrique avec une précision sans doute bien supérieure à celle des baromètres usuels. Ceci montre que les dictons populaires ne doivent pas être rejetés de prime abord et ont parfois des bases sérieuses.

On peut en conclure également que, dans les mines, le grisou doit vraisemblablement se trouver en plus grande quantité par baisse que par hausse barométrique.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le principe sucré du Kaá-hê-é* (Stevia Rebaudiana *Bertoni*) : II. *Les produits d'hydrolyse diastasique du stévioside; glucose et stéviol.* Note de MM. **M. Bridel** et **R. Lavieille**, transmise par M. L. Mangin.

Nous avons donné [1] la préparation et un certain nombre de propriétés du stévioside, glucoside à saveur sucrée du Kaá-hê-é. Le stévioside ayant résisté à l'action de tous les produits fermentaires essayés, il nous avait fallu recourir à l'hydrolyse acide par l'acide sulfurique à 5 pour 100, à +100°. On obtient ainsi 66,70 pour 100 de glucose et 40,38 pour 100 d'un produit non glucidique, cristallisé, le stéviol.

Depuis, nous avons réussi à hydrolyser le stévioside par le suc digestif de l'*Helix Pomatia* et ce sont les résultats de cette hydrolyse que nous donnons dans cette Note.

On a fait dissoudre 3^g de stévioside dans 600^{cm^3} d'eau contenant 15^{cm^3} de suc digestif d'Escargot. La rotation calculée était de $-22'$ ($l = 2$) et le liquide contenait $0^g,013$ de sucre réducteur, exprimé en glucose, pour 100^{cm^3}, cette réduction étant due au stévioside lui-même. La solution, additionnée de toluène, a été mise à l'étuve à $+32°$. Après quelquss heures, un trouble a commencé à se former qui a augmenté peu à peu. En 2 jours, il s'est fait un précipité blanchâtre qui s'est rassemblé à la surface du

(1) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1123.

liquide. Ce précipité est constitué, au microscope, par un amas de longues aiguilles fines enchevêtrées. L'examen du liquide a été fait le cinquième et le dixième jour, après défécation à l'extrait de saturne et au sulfate de sodium.

Le cinquième jour, la rotation de la solution était de $+18'$ et il existait $0^g,287$ de sucre réducteur exprimé en glucose, pour 100^{cm^3} : 90,5 pour 100 du stévioside avaient été hydrolysés. L'indice de réduction enzymolytique est de 411, tout à fait voisin de celui que l'on obtient par hydrolyse acide.

Le dixième jour la composition du liquide était la même.

Il semble donc que l'hydrolyse du stévioside par le suc d'Escargot se fasse, au début, très rapidement; elle s'arrête avant d'être totale à cause, vraisemblablement, d'une altération du ferment, qui se manifeste par la formation d'un précipité amorphe tombant au fond du flacon.

Les produits d'hydrolyse ont été extraits de la façon suivante : le liquide a été épuisé à l'éther qui a dissous le principe non glucidique, puis déféqué et distillé à sec. Après plusieurs traitements à l'alcool à 95^c, on a obtenu le sucre à l'état cristallisé. Ce sucre a été identifié au glucose-*d*, par sa forme cristalline, son pouvoir rotatoire et son pouvoir réducteur : le sucre de l'hydrolyse diastasique du stévioside est donc du glucose-*d*.

Pour extraire le produit non glucidique, nous avons évaporé la solution éthérée. Le résidu sec, cristallisé, pesant $1^g,10$, constitue le stéviol. Il a été purifié par cristallisation dans l'alcool à 50°. On a obtenu $0^g,67$ de produit pur.

Le stéviol de l'hydrolyse fermentaire est cristallisé en longues aiguilles, très fines. Il perd 9,15 pour 100 de son poids, dans le vide, à $+50$-55°. Ainsi desséché à poids constant, il est stable à l'air et fond à $+217°$, au bloc Maquenne.

Le stéviol est actif sur la lumière polarisée, ce qui est assez rare pour les produits d'hydrolyse non glucidiques des glucosides.

$\alpha_D = -94°,66$, en solution dans l'alcool à 95°, pour le produit anhydre. Il est très soluble dans l'ammoniaque et la solution ammoniacale donne un précipité gélatineux par addition de faibles quantités de solutions de soude ou de potasse.

Il ne se dissout pas dans les solutions de soude ou de potasse au cinquième et donne un produit gélatineux.

On peut obtenir une solution aqueuse de la combinaison potassique de la façon suivante :

A une solution de stéviol dans l'alcool absolu, on ajoute une solution alcoolique de potasse diluée, en présence de phénolphtaléine. Il faut ajouter un poids de potasse, dans le rapport de 56 de KOH pour 310,7 de stéviol. Par évaporation, on obtient un produit bien cristallisé, soluble dans l'eau, qui représente la combinaison potassique du stéviol. La solution aqueuse donne un précipité gélatineux par addition de soude ou de potasse, ce qui montre que pour obtenir une solution aqueuse de la combinaison potassique, il ne faut pas ajouter un excès d'alcali qui la rend insoluble. La solution

aqueuse est décomposée facilement par le gaz carbonique et le précipité formé est cristallisé et identique au stéviol.

Les propriétés acides du stéviol ne sont donc pas dues à un groupement carboxylé, mais à un oxhydryle de nature vraisemblablement phénolique.

L'analyse élémentaire et la détermination du poids moléculaire permettent de proposer pour le stéviol la formule $C^{20}H^{30}O^{3}$.

Le stévioside donnant par hydrolyse acide, 66,70 pour 100 de glucose et 40,38 pour 100 de stéviol, nous proposons pour le stévioside la formule $C^{38}H^{60}O^{18}$ et l'équation d'hydrolyse

$$\underset{(804)}{C^{38}H^{60}O^{18}} + 3H^{2}O = \underset{(318)}{C^{20}H^{30}O^{3}} + \underset{(3\times 180)}{3C^{6}H^{12}O^{6}}$$

qui concorde avec toutes les propriétés et la composition que nous avons trouvées pour le stévioside.

Le stévioside serait ainsi un glucoside contenant trois molécules de glucose. Le glucose est lié au stéviol, dans le stévioside, par l'oxhydryle acide du stéviol, car le stévioside ne possède plus les propriétés acides du stéviol.

Il est très probable que les trois molécules de glucose sont liées entre elles sous forme d'un trihologlucoside qu'il serait intéressant de pouvoir préparer.

BIOLOGIE VÉGÉTALE — *Corrélations spécifiques constatées chez quelques Scilles portugaises.* (Scilla monophyllos *Link*, S. Ramburei *Boiss.*, S. odorata *Link*). Note de M. **Pierre Chouard**, présentée par M. Blaringhem.

Dans un Mémoire consacré à l'étude de Liliacées bulbeuses ([1]) j'ai montré que les espèces se groupent en sections définies par la présence, en corrélation constante et étroite, de nombreux caractères bien distincts concernant l'inflorescence, la structure et le développement du bulbe, la forme de la plantule, etc.; et j'ai pu établir que la présence d'un ou deux de ces caractères permet d'affirmer l'existence de tous les autres. En particulier j'ai montré que *Scilla verna* L., *S. Lilio-Hyacinthus* L., plantes répandues dans le domaine atlantique et que j'avais pu suivre sur le vivant à tous les stades de leur développement, offrent un ensemble de caractères corrélatifs

---

([1]) P. Chouard, *Types de développement de l'appareil végétatif chez les Scillées.* (*Ann. Sc. Nat, Bot.*, 10e série, 13, 1931, p. 131 à 323, et *Thèse, Paris*, 1930.)

qui permettent de les rapprocher dans une même section. Dans cette section, et plus près de *Scilla verna*, j'ai réuni également les *Scilla monophyllos* Link, *Ramburei* Boiss, et *odorata* Link pour lesquelles mon étude n'avait pu porter que sur les échantillons secs de l'herbier du Muséum. Ces trois epèces principalement ou exclusivement ibériques, montrent en herbier des hampes rigides et des bractées florales simples ou allongées. Me fondant sur ces deux caractères qui leur sont communs avec *Scilla verna*, je n'avais pas hésité à les classer toutes ensemble dans le même type biologique, leur attribuant ainsi par avance tous les autres caractères du bulbe et de la plantule connus seulement sur *Scilla verna*.

Un voyage récent fait au Portugal (7-22 avril 1931), puis un envoi très obligeant de M. et Mme Allorge, m'ont permis d'étudier sur le vif ces trois espèces. J'ai pu constater ainsi qu'aux caractères de la hampe fructifère et des bractées florales s'ajoutaient les principaux caractères suivants : beaucoup de racines sont ramifiées; les bulbes, ordinairement écailleux à l'âge adulte, sont à renouvellement progressif en plusieurs années ; ils sont pourvus d'amidon ; les écailles sont à bords droits ou presque droits; il y a un assez grand nombre d'écailles sèches enveloppant le bulbe. Tous ces caractères sont précisément ceux du type comprenant *Scilla verna*.

De plus, une singularité que je n'ai observée jusqu'ici que chez *Scilla verna* et les espèces du même type, ainsi que chez *S. peruviana* L., se présente exactement de la même façon chez ces espèces portugaises : c'est une petite bractée située à la base de la hampe florale, à l'intérieur du bulbe. Chez *Scilla verna*, cette bractée est très fréquente, mais parfois réduite à un vestige imperceptible. Chez *Scilla odorata* elle s'est trouvée assez fréquente; elle est presque constante chez *Scilla monophyllos* et chez *S. Ramburei*.

Enfin, pour *S. monophyllos*, j'ai pu compléter mes observations par l'examen des plantules récoltées sur place (Bussaco). Celles-ci sont exactement du type attendu, semblables à celles de *Scilla verna*, c'est-à-dire à gaine cotylédonaire hypogée, courte et tubérisée.

Tous les principaux caractères des trois Scilles portugaises sont donc ainsi les mêmes que ceux de *Scilla verna*, et le rapprochement que j'avais indiqué y trouve sa confirmation. J'aurai, dans la suite, à montrer des corrélations analogues également vérifiées dans tout le groupe des Liliiflores.

Cependant *Scilla monophyllos* a un bulbe composé principalement de pièces tuniquées plus ou moins échancrées, quelques unes parfois complètement fendues. Cette disposition est exactement celle que présentent tous les autres bulbes écailleux des Scilles durant les premières années, avant de fleurir. La ressemblance avec les bulbes jeunes est accrue par le fait que

Scilla monophyllos ne produit annuellement qu'une seule feuille en général; mais cette feuille, il est vrai, est plate et large et non cylindrique. *Scilla monophyllos* offre donc l'exemple, jusqu'ici unique, d'une Scille parvenant à fleurir tout en conservant dans son appareil végétatif tubérisé une structure qu'on ne trouve qu'à l'état infantile chez les autres espèces. Au point de vue de l'anatomie comparée et de la biologie, *Scilla monophyllos* peut être dite néoténique par rapport à *Scilla verna* ou à *S. Ramburei*, comme les *Retinospora* le sont par rapport aux *Biota*, ou l'Axolotl par rapport à l'Amblystome.

En résumé j'ai montré que les corrélations établies pour *Scille verna* entre le bulbe, l'inflorescence et la plantule, sont observées également, comme je l'avais annoncé, pour les trois Scilles portugaises : *S. monophyllos*, *Ramburei*, et *odorata*. La singularité d'une petite bractée à la base de la hampe florale en dedans du bulbe est notée chez toutes les espèces. Enfin, la similitude des corrélations permet de rapprocher ces diverses Scilles en un même groupe systématique, tout en esquissant leurs relations mutuelles, *S. monophyllos* se présentant comme la forme néoténique du groupe.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Origine bactérienne des tumeurs de l'orme.* Note de M. Émery.

Les galles de l'orme, appelées aussi loupes, constituent de véritables tumeurs ligneuses dont l'origine certaine était inconnue jusqu'à présent. On les attribuait aux piqûres d'insectes, aux champignons inférieurs, tels les Exoascées, mais, depuis les travaux d'Erwin Smith ([1]) sur le cancer des plantes, l'action cécidogène du *bacterium tumefaciens* pouvait également être mise en cause.

On sait les difficultés éprouvées par Erwin Smith, avant qu'il ait découvert cette bactérie dans les crown-galls étudiés par lui durant plusieurs années. Elle prolifère peu, localement; on ne la trouve pas dans le parenchyme tumoral du crown-gall, mais plutôt à la périphérie et à la surface, ainsi que l'ont confirmé M. Magrou ([2]) et nous-mêmes dans un récent Mémoire ([3]).

([1]) Erwin F. Smith, *Bacteria in relation to plant diseases*, 2, 1926, p. 90.

([2]) Magrou, *Recherches anatomiques et bactériologiques sur le cancer des plantes* (*Annales de l'Institut Pasteur*, 41, juillet 1927, p. 785).

([3]) Émery et Prat, *Étude d'une tumeur du chrysanthème cultivé* (*Bulletin de la Société Nationale d'Horticulture de France*, 4, 1931, p. 182-229).

C'est en me basant sur ces remarques antérieures que, cherchant à déceler la présence éventuelle du *Bacterium tumefaciens* dans les tumeurs de l'orme, j'ai employé un procédé qui m'a permis, l'an dernier, d'isoler la bactérie dans ces tumeurs.

Choisissant une partie néo-formée, en période de développement, j'ai découpé à la scie, des fragments sous une épaisseur de quelques millimètres; je les ai ensuite brisés par flexion afin d'éviter le contact d'un outil. Faisant pénétrer aussitôt une fine pointe stérilisée sous la partie corticale, j'ai ensemencé des tubes de gélose, et répété nombre de fois la même opération.

C'est ainsi que j'ai pu, en persévérant, isoler une colonie présentant les caractères macroscopiques du *B. tumefaciens;* l'examen microscopique, ainsi que l'expérimentation par inoculation au pélargonium, m'ont permis de l'identifier sans aucun doute possible.

Mais l'intérêt principal réside surtout dans l'inoculation d'un jeune ormeau, au collet d'abord, puis sur la tige. Trois mois après la plante en pot a été rentrée pour hiverner, elle portait une tumeur au collet et une autre plus petite sur la tige.

Pendant l'hiver ces tumeurs sont restées à l'état latent, puis, sous l'influence de la sève printanière, elles se sont développées progressivement cette année, particulièrement celle du collet; elles atteignent en ce moment un volume double de celui constaté l'an dernier en octobre.

Le petit arbrisseau, par contre, a peu poussé comparativement à un témoin, les cellules se portant surtout vers les tumeurs, ce qui a déterminé un antagonisme de croissance. La tige est restée grêle, elle présente sur la moitié de sa longueur, particulièrement vers la base, de *nombreuses petites métastases en voie de croissance.*

La plante reste en observation, mais, dès à présent on peut affirmer que les tumeurs des ormes ont une origine bactérienne. Elles sont causées par le *Bacterium tumefaciens* que j'ai isolé d'une de ces tumeurs, et avec lequel j'ai reproduit expérimentalement, sur un ormeau, le processus d'envahissement.

ZOOLOGIE. — *Un nouveau Propithèque de Madagascar* (Propithecus Perrieri, sp. nov.). Note de M. **L. Lavauden**, présentée par M. P. Marchal.

Dès 1928 M. Perrier de la Bâthie avait attiré notre attention sur un Lémurien noir, qu'il avait rencontré dans la forêt d'Analamera, située au

sud-est de Diégo-Suarez, dans le nord de Madagascar, et qui lui avait semblé être un Propithèque.

Ce n'est qu'en avril 1931 qu'il nous a été possible d'obtenir quelques spécimens de cet animal, qui, comme nous le supposions, se trouve être nouveau pour la science et auquel nous avons donné le nom de *Propithecus perrieri* sp. nov.

Ce Propithèque, entièrement noir, rappellerait par son système de coloration le *Propithecus holomelas* Günther. Mais celui-ci habite le sud-est de Madagascar et il est généralement considéré comme une forme mélanique de *Propithecus edwardsi* Grandidier ; le *P. pierrieri* n'a rien de commun avec ce dernier, pas plus qu'avec aucun des grands Propithèques orientaux, du groupe *diadema*, dont une forme remonte jusqu'à Vohémar.

Notre nouvelle forme se rapprocherait davantage des petits Propithèques de l'Ouest (*P. coquereli* Schleg.), dont elle diffère surtout par sa couleur.

Le pelage du *P. perrieri* est entièrement d'un noir velouté ; les oreilles sont petites et glabres ; les yeux bruns, à reflets d'un vert bouteille. La taille est relativement réduite. Nous donnons ci-après les mensurations du type (mâle adulte) [1].

		m
Longueur, du bout du museau à la naissance de la queue		0,500
»	de la queue	0,450
»	du fémur	0,190
»	du tibia	0,164
»	de l'humérus	0,118
»	du cubitus	0,140
Crâne : Longueur condylo-basale		0,084
Largeur zygomatique		0,058
»	maximum de la boîte crânienne	0,048
»	post-orbitaire	0,036

Le crâne est plus court et plus large (même en mesures absolues) que les crânes des grands Propithèques orientaux qui sont cependant des animaux de taille bien plus considérable.

Le *P. perrieri* ne se rencontre absolument que dans la forêt d'Analamera, qui mesure cinq ou six mille hectares. C'est un cas très net de cette étroite localisation des espèces qui caractérise si curieusement la faune de Madagascar.

---

(1) Nous ferons déposer ce type dans les collections du Muséum national d'Histoire naturelle.

Il peut sembler étonnant que cette espèce ait survécu et qu'elle soit restée inconnue jusqu'à nos jours. Mais ces faits s'expliquent lorsqu'on sait que cet animal est l'objet d'un *fady* (tabou) rigoureux parmi les indigènes (Antankara) de la région. Ceux-ci lui donnent le nom de *Radjako*, qui est le nom d'un héros légendaire dont ils seraient les descendants.

La forêt d'Analamera est également entièrement *fady*. Cette forêt est absolument sèche, sans sources connues. Les indigènes n'y vont pas et la considèrent comme interdite. Fort peu d'Européens y ont pénétré jusqu'ici. Il est probable qu'elle réserve encore à la science de nombreuses nouveautés botaniques et zoologiques.

PHYSIOLOGIE. — *Les ferments protéolytiques du suc intestinal et du suc pancréatique*. Note de MM. **E. Le Breton, F. Mocoroa** et **E. Stulz**, présentée par M. Roux.

En 1927 Waldschmidt-Leitz et J. Waldschmidt-Graser ont publié (1) le seul travail qui ait été exécuté, à notre connaissance, sur les ferments protéolytiques présents dans les sucs de secrétion de l'intestin et du pancréas, par l'école de Willstätter. Le but de ce travail était, en partie, de démontrer la supériorité de l'emploi des macérations de glandes ou de muqueuses sur celui des sucs de sécrétion, pour trancher de la nature et du nombre des ferments que ces sucs contiennent.

I. Ce travail ne contient qu'une seule expérience faite sur du suc pancréatique de secrétine recueilli par fistulisation du canal. Les auteurs y trouvent des ferments éreptiques en quantité *faible mais nette* (2). Ils en concluent que la glande et le suc contiennent qualitativement les mêmes ferments et que, par suite, l'idée qu'il existe deux groupes de ferments dans la glande dont un seul passe dans la sécrétion, est à rejeter.

Nous avons montré, dans une Note précédente (3), le désaccord existant entre nos expériences et celle des auteurs allemands; avec leurs propres techniques nous n'avons, dans de nombreux sucs de fistule, *jamais trouvé de ferments éreptiques*. Pour comprendre l'origine de ce désaccord, nous avons repris d'anciennes expériences de Gley et Camus qui signalèrent de

(1) *Zeit. für physiol. Chem.*, 166, 1927, p. 247.

(2) Unités d'érepsine par centimètre cube de suc pancréatique : 0,000055.

(3) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1492.

1902 à 1904 que les sucs de peptone ou de pilocarpine étaient directement actifs sur les albumines naturelles, donc contenaient de la kinase. Nous nous sommes demandé si en changeant l'agent excito-secréteur on ne faisait pas apparaître dans le suc, à côté de la kinase, des ferments éreptiques endocellulaires.

Nous avons pu voir :

1° Que les sucs, obtenus par injection de secrétine préparée selon Bayliss et Starling (macération acide), étaient identiques à ceux que nous avons recueillis suivant la technique de Delezenne : ils ne contenaient ni ferments éreptiques ni kinase.

2° Que les sucs de peptone (injections de peptone de Witte à 2 pour 100; 1^{cm^3} par kilogramme toutes les 30 minutes) étaient également *inactifs* quand on les recueille dans du quartz à 0°, mais que leur auto-activation était plus rapide; ils contiennent des ferments éreptiques en faible quantité : 0,006 à 0,0002 unités de dipeptidase par 1^{cm^3} de suc.

3° Que les sucs de pilocarpine étaient toujours *actifs* $\left(\text{le rapport } \frac{\text{protéinase active}}{\text{protéinase totale}} \text{ variant de } \frac{1}{3} \text{ à } \frac{2}{3}\right)$ et *contenaient des quantités importantes de ferments éreptiques endocellulaires* (dipeptidase polypeptidase). Pour nous la présence dans le suc soit de *protéinase active* (kinase) soit *ferments éreptiques* est le test de lésions de la cellule pancréatique dues soit à l'agent excito-secréteur soit à l'anesthésique employé.

II. Waldschmidt-Leitz, dans ce même travail, conclut que dans le suc intestinal l'entérokinase qui accompagne l'érepsine n'est pas un produit de sécrétion de la muqueuse : elle est soit d'origine pancréatique (suc normal), soit d'origine leucocytaire (suc d'anse isolée). Par des lavages répétés d'une anse intestinale isolée il voit disparaître peu à peu l'entérokinase, mais pas l'érepsine.

Nous avons réalisé chez le chien une anse duodénale isolée et conservé l'animal 3 mois. Le suc intestinal a été recueilli soit par secrétion spontanée après un repas de viande, soit par trois ou quatre lavages répétés de l'anse avec du NaCl à 9 pour 1000. Dans tous les cas le suc a été centrifugé pour éliminer les leucocytes.

Nous *n'avons jamais pu recueillir un suc contenant des ferments éreptiques et pas de kinase.*

Nous ne pouvons donc nous rallier à la théorie émise par Willstätter en 1925 et confirmée par Waldschmidt-Leitz et Waldschmidt-Graser en 1927 à savoir : que le suc pancréatique normal contient *tous* les ferments

de la glande et que d'autre par la muqueuse intestinale aurait comme rôle de transformer simplement la prokinase en kinase. Nous admettons au contraire (et notre opinion s'appuie sur de nombreuses expériences dont le détail paraîtra ailleurs).

1° Que seuls les sucs pancréatiques anormaux contiennent des ferments éreptiques ou de la kinase, ou parfois les deux.

2° Qu'indépendamment de toute kinase d'origine pancréatique le suc intestinal contient toujours à côté des ferments éreptiques de l'entérokinase.

PHARMACOLOGIE. — *Sur le mécanisme de l'action antiglycosurique de la santonine.* Note de M. **Albert Leulier** et Mme **Andrée Roche**, présentée par M. H. Vincent.

L'action antiglycosurique de la santonine (Séjournet) est connue depuis fort longtemps. L'un d'entre nous (A. Leulier) a eu l'occasion à plusieurs reprises d'en vérifier l'efficacité. L'étude systématique du mode d'action de cette substance n'a pas été entreprise jusqu'ici, à notre connaissance tout au moins. De très nombreuses expériences sur le rat, le lapin, nous ont montré que cette substance ne possède aucune action certaine sur la glycémie. Aussi nous sommes nous demandés si l'action antiglycosurique de la santonine n'était pas le fait d'un mécanisme rénal. On peut penser en effet que l'abaissement marqué de la glycosurie observée chez certains diabétiques, après ingestion de santonine, pouvait avoir comme origine une élévation du seuil rénal du glucose. S'il en est bien ainsi, la santonine doit posséder une action antagoniste de celle de substances qui, comme la phloridzine, provoquent la glycosurie par abaissement du même seuil. C'est cette hypothèse que nous avons essayé de vérifier.

Des lapins de 2 à 3^{kg}, à jeun depuis 12 heures, reçoivent en injection sous-cutanée 1 à 2^{g} de phloridzine. La glycosurie apparaît au bout de 2 heures environ, et, après 4 heures d'expérience, elle présente un taux constant qui se maintient pendant à peu près 10 heures, puis diminue progressivement. Elle disparaît en 30-36 heures. Le taux maximum de cette glycosurie varie d'un animal à l'autre, mais son évolution dans le temps a toujours présenté les caractères que nous venons d'indiquer dans une dizaine d'expériences.

Si, lorsque la glycosurie a atteint une valeur constante, l'on injecte par voie sous-cutanée 200 à 500^{mg} de santonine en solution dans de l'eau de chaux, le taux de la glycosurie s'abaisse brusquement 2 heures environ

après l'injection et devient même parfois nulle 5 à 6 heures plus tard. Par ailleurs les quantités d'urine émise et de glucose excrété sont fortement diminuées par l'injection de santonine.

Voici à titre d'exemple les détails d'une expérience témoin et d'un essai de l'action de la santonine :

Temps après l'injection de phloridzine.	I. — Lapin de 2kg,110 (1g,5 de phloridzine). Glucose urinaire. Concentration pour 1000.	Quantité.	II. — Lapin de 2kg,200 (1g,5 de phloridzine). Glucose urinaire. Concentration pour 1000.	Quantité.
h	g	g	g	g
1,30	31,8	0,38	–	–
2,15	–	–	90	1,75
3,00	65,6	0,89	88	1,20
4,00	90,8	0,46	88	0,40
			Injection de 200mg de santonine.	
5,00	90,8	0,27	83	0,42
6,00	90,8	0,27	90	0,49
7,00	90,8	0,27	40	0,32
8,00	92,0	0,30	8	0,24
9,00	90,5	0,29	4	0,10
12,00	70,2	1,00	–	–
23,00	29,5	1,50	0	0,00
30,00	20,4	0,71	0	0,00

Les conclusions suivantes peuvent être tirées de ces expériences :

1° La santonine ne possède pas d'action nette sur la glycémie des animaux normaux;

2° L'action antiglycosurique de la santonine est probablement due à l'élévation du seuil rénal du glucose; elle est antagoniste de celle de la phloridzine;

3° Au point de vue thérapeutique, la santonine peut donc être un adjuvant utile de l'insuline dans le traitement de certains diabètes. L'expérimentation clinique de ce corps mérite d'être reprise.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Formation dans les exsudats articulaires, de fibrine en dehors du fibrinogène d'origine sanguine; rôle des cellules blanches.* Note [1] de MM. **Maurice Piettre** et **Boris Celan**, présentée par M. Achard.

Les récentes recherches de M. Achard [2] sur les mucines et les protéines sériques des exsudats articulaires ont conduit d'une part à la découverte, par Sabrazès et R. de Grailly (*Bull. Soc. Biologie*, 1931, p. 1155), de cellules à mucus dans les franges synoviales, et d'autre part à l'étude d'un nouveau mécanisme de formation de la fibrine dans ces mêmes exsudats.

I. Il existe chez les jeunes bovidés une affection fréquente, bien étudiée, en pathologie animale, particulièrement par M. G. Moussu, sous le nom de polyarthrite du veau, et dont l'origine est rapportée à une infection colibacilaire du cordon ombilicale, après la naissance, suivie de métastases articulaires ou tendineuses, comme dans la gonoccocie chez l'homme.

L'exsudat, dans les cas d'inflammation subaiguë avec diapède intense, peu abondant, de 25 à 60^{cm^3}, très épais, peut être séparé par centrifugation en deux fractions : l'une liquide, visqueuse, ambrée contenant mucines, lipides, sels et, l'autre semi-solide visqueuse, de coloration grisâtre ou gris rosé et constituée par des membranes fibrineuses, des floculats de leucocytes de différentes catégories englobés dans un réticulum fibrineux plus ou moins serré, enfin par des leucocytes libres et quelques hématies.

II. La fibrine existe à trois états: *libre, mêlée* intimement aux éléments figurés et *dispersée* dans la phase liquide, alcaline et salée (NaCl 5,8 pour 100 en moyenne).

Voici les dosages obtenus dans huit cas :

Pour 100^{cm^3} d'exsudat total.

Fibrine libre.	Fibrine dispersée dans la phase liquide.	Résidu cellulaire et fibrineux.	Mucine.
0,131	0,058	0,46	4,78
0,14	0,15	0,705	4,52
0,367	0,029	1,10	5,73
0,98	0,07	1,16	4,98
0,06	Traces	0,15	3,75
1,03	0,12	1,54	5,97
0,27	0,05	0,32	5,12
0,31	0,08	2,08	4,79

[1] Séance du 29 juin 1931.

[2] Achard et Piettre, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1412 et 192, 1931, p. 996.

III. Les constatations suivantes montrent que les *cellules blanches jouent un rôle de premier plan dans la formation de la fibrine.*

Comme pour le sang, la coagulation de ces exsudats articulaires, commence sur les parois des récipients, puis gagne toute la surface et se propage lentement dans la profondeur. Au microscope, on observe un réticulum formé de fibrilles à structure granulaire ou au contraire de fines aiguilles à structure hyaline, dont le point de départ est non seulement la surface de leucocytes, mais la *substance même du protoplasma cellulaire*. Certains éléments désagrégés, réduits presque à leur noyau, apparaissent transformés en éléments fibrillaires ou aciculés.

Après 24 ou 48 heures de séjour à la chambre froide, des aiguilles ou filaments libres s'unissent parfois parallèlement, formant de véritables *petites lamelles fibrineuses* avec la structure et les réactions histochimiques classiques.

Si l'on étudie les transformations, au microscope, en déposant entre lame et lamelle, une goutte d'exsudat pris directement dans l'articulation, on peut suivre progressivement toutes les phases du phénomène. Parmi les cellules blanches en suspension, à côté de celles qui sont en mouvement dans les courants liquides, il en est qui se trouvent immobiles, fixées sur le verre. Déformées, gonflées, d'aspect clair, elles deviennent le siège de modifications très curieuses : hernie en un ou deux points du protoplasma, formation de pseudopodes qui se ramifient en filaments de plus en plus tenus, puis l'élément se désagrège presque complètement laissant à sa place le noyau plus ou moins morcelé. La *presque totalité du protoplasme s'est transformée en filaments granuleux qui s'accrochent à d'autres filaments voisins, ou en aiguilles à structure hyaline.*

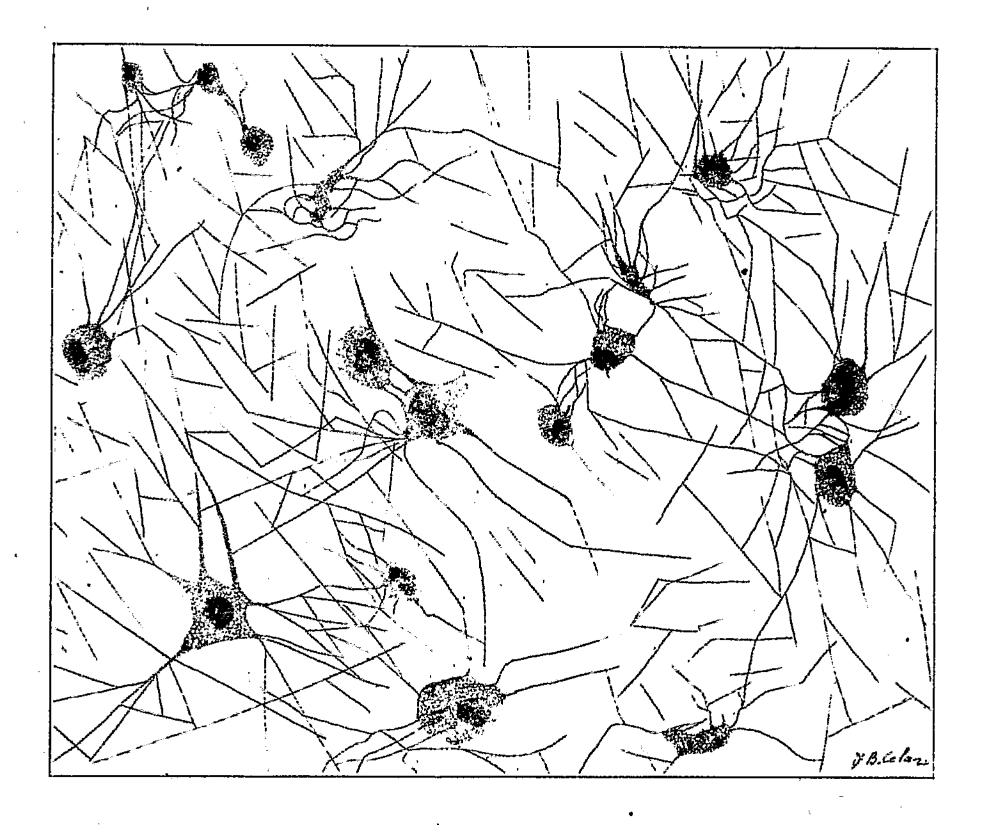
L'évolution exige 10, 20 minutes, quelquefois davantage; elle demanderait à être suivie à l'ultramicroscope, comme cela a été fait dans la coagulation du sang et fixé très avantageusement par la technique cinématographique. Dans certains cas l'alignement granulaire commence dans la cellule elle-même.

La progression des pseudopodes protoplasmiques dans le liquide ambiant semble favorisée par les mouvements browniens dont sont animées les granulations très réfringentes, souvent très abondantes dans les leucocytes.

Des constatations analogues sont faites, en soumettant les cellules blanches, préalablement lavées à l'eau physiologique (pour éliminer totalement mucine et éléments solides étrangers) à l'action des acides très dilués HCl $\frac{N}{50}$,

$\frac{N}{100}$, ou même de l'eau distillée. Dans ce dernier cas, très souvent cependant, les leucocytes se gonflent, éclatent, et leur protoplasma se disperse sans organisation fibrillaire ou aciculée.

La technique histologique, isolement des cellules blanches, lavages à l'eau salée, fixation sous lamelle avec le formol, met nettement en évidence le processus décrit plus haut, comme le montre la figure jointe. L'aspect des filaments, leur structure, leurs réactions histochimiques sont ceux de la fibrine.



Les gros macrophages, contenant parfois jusqu'à 15 noyaux phagocytés, ne participent pas à ces phénomènes.

Conclusion. — En dehors de l'intérêt qu'elles peuvent avoir au double point de vue histologique et physiologique, ces recherches apportent un moyen d'aborder *l'étude physique de la floculation de la matière organisée, sous un de ses aspects les plus curieux, l'orientation linéaire*.

BIOLOGIE MATHÉMATIQUE. — *Sur la statistique d'infestation des Pagures par les Chlorogaster.* Note de Mme **J. Kostitzine** et de M. **V. A. Kostitzin**, présentée par M. Hadamard.

1. M. Ch. Pérez [1] indique deux origines des groupes parasitiques qu'on trouve sur hôtes contaminés : 1° la contamination multiple par autant de larves s'inoculant dans le même hôte qu'on voit de sacs viscéraux; 2° la contamination unique suivie d'un processus particulier réalisant la multiplicité des sacs viscéraux.

La première hypothèse nous amène à une courbe de fréquence rapidement décroissante. Cette forme d'infestation multiple a parfois été observée, mais ce n'est pas le cas du Chlorogaster habitant sur les Pagures où la courbe de fréquence débute par un minimum, monte rapidement au maximum et décroît ensuite jusqu'à zéro. Nous allons montrer que la seconde hypothèse suggérée par M. Ch. Pérez explique très bien les choses.

2. Montrons tout d'abord que la probabilité de la première hypothèse est très petite. Désignons par N_p le nombre des Pagures porteurs de p sacs, par N le nombre total des Pagures, par N_a le nombre des Pagures indemnes et par N_c le nombre des Pagures contaminés, enfin par $P = \Sigma p N_p$ le nombre total des sacs parasitaires. Alors la probabilité d'une distribution donnée de ces sacs sur les Pagures sera $\frac{N!P!}{N^P \Pi(p!)^{N_p} \Pi(N_p!)}$. La probabilité de la distribution correspondante à un seul sac sur chaque Pagure contaminé sera $\frac{N!}{N^P(N-P)!}$, et la probabilité relative de la première distribution est

$$\frac{P!(N-P)!}{\Pi(p!)^{N_p}\Pi(N_p)}.$$

C'est un nombre de l'ordre de 10^{-400}, ce qui montre que la première hypothèse est très peu probable.

3. Examinons la deuxième hypothèse en admettant que la contamination multiple soit impossible. Cette supposition est certes arbitraire, mais on peut s'en servir étant donné que, sur plus de 2000 Pagures examinés par M. Ch. Pérez, il n'y avait que 251 contaminés, On peut donc faire abstraction pour

---

(1) Ch. Pérez, *Statistique d'infestation des Pagures par Chlorogaster* (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1274).

le moment de la contamination multiple. Désignons par u l'âge du groupe de sacs sur un Pagure; $N_C\varphi(u)\,du$ le nombre des groupes de sacs d'âge $(u, u+du)$ ou, ce qui revient au même, le nombre de Pagures contaminés, il y a $(u, u+du)$ unités de temps. Ce nombre décroît à cause de la mortalité des Pagures et des parasites eux-mêmes; désignons le coefficient combiné de mortalité par $X(u)$; on a $X(u) = -\frac{\varphi'(u)}{\varphi(u)}$, on en tire $\varphi(u) = \varphi(0)e^{-\int_0^u X(s)\,ds}$. Introduisons ensuite la fonction de répartition des groupes de sacs $N_C\varphi(u)\psi(u, p)\,du\,dp$. C'est une fonction tout à fait analogue aux fonctions utilisées en statistique démographique, p. e. à la fonction de répartition de la population par rapport à deux caractères : l'âge et la taille. Dans notre cas le nombre des sacs sur un Pagure joue le rôle de la taille. On peut admettre que la fonction $\psi(u, p)$ a la forme $\psi(u, p) = \frac{1}{\beta(u)} V\left[\frac{p}{\beta(u)}\right]$. Enfin nous désignons par $N(p)\,dp$ le nombre de Pagures porteurs de $(p, p+dp)$ sacs viscéraux. On a ensuite évidemment $N_C = \int_0^\infty N(p)\,dp$, $I = \int_0^\infty u(p)\,dp$. On obtient facilement l'équation

$$N(p) = N_c \int_0^\infty \frac{\varphi(u)}{\beta(u)} V\left[\frac{p}{\beta(u)}\right] du,$$

qui permet de déterminer la fonction de fréquence quand toutes les autres fonctions sont connues. On a en effet

$$V(p) = \frac{1}{2\pi p} \int_{-\infty}^{+\infty} p^{-iz} F(z)\,dz$$

en posant

$$F(z) = \frac{\int_0^\infty N(p)\,p^{iz}\,dp}{\int_0^\infty \varphi(u)[\beta(u)]^{iz}\,du}.$$

Les fonctions $\beta(u)$, $X(u)$ nous sont inconnues. En l'absence de données précises, on peut admettre que

$$\int_0^u X(s)\,ds = B\,u^\eta, \qquad \beta = A\,u^\varepsilon.$$

Ces hypothèses sont assez probables au point de vue qualitatif. Enfin la

fonction

$$\mathrm{N}(p) = \frac{\mathrm{N}(z)\frac{n}{m}\left(\frac{p}{z}\right)^m}{\left(\frac{p}{z}\right)^n + \frac{n-m}{m}}$$

donne une approximation suffisante des résultats statistiques de M. Ch. Pérez. On a en effet :

p.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
$\mathrm{N}(p)$ mâles calc....	2,3	7,8	15,7	24,5	29,0	24,2	15,5	8,8	5,1	3,0	1,9
$\mathrm{N}(p)$ mâles obs....	4	7	9	24	29	25	11	10	6	3	2
$\mathrm{N}(p)$ fem. calc.....	3,0	10,0	20,0	29,3	29,3	19,5	1 ,8	5,7	3,2	1,9	–
$\mathrm{N}(p)$ fem. obs.....	2	10	17	30	29	17	7	5	–	2	–
$\mathrm{N}(p)$ tot. calc.....	5,3	17,8	35,7	53,8	58,3	43,7	26,3	14,5	8,3	4,9	–
$\mathrm{N}(p)$ tot. obs......	6	17	26	54	58	42	18	15	6	5	–

On a pris comme paramètres

mâles : $n = 7$, $m = 1,75$, $z = 5,0$, $\mathrm{N}(z) = 29$,
femelles : $n = 7$, $m = 1,75$, $z = 4,5$, $\mathrm{N}(z) = 31$.

4. Admettons que $n = \frac{\eta}{\varepsilon}$, $m = \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}$. Les fonctions $\varphi(p)$ et $\psi(u, p)$ se calculent facilement. On a

$$\psi(u, p) = \frac{[\beta(u)]^{n-m-1} n^{\frac{m+1}{n}} e^{-\frac{n-m}{m}[\beta(u)]^n p^{-n}}}{(n-m)^{\frac{m+1}{n}-1} \prod\left(-\frac{m+1}{n}\right) p^{n-m}}.$$

C'est une des courbes de répartition usuelles en statistique mathématique; qualitativement elle correspond bien à la répartition probable des Pagures par rapport à l'âge des groupes de sacs parasitaires et par rapport à p, en admettant que le nombre des sacs s'accroît jusqu'à une certaine limite avec le temps. On voit que la distribution observée par M. Ch. Pérez en résulte immédiatement. Par conséquent l'hypothèse de contamination unique explique bien les faits.

PHYSICO-CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la force électromotrice de filtration provoquée par l'ascension de la sève dans les plantes.* Note de M. **Néda Marinesco**, présentée par M. Jean Perrin.

I. En appliquant une f. e. m. aux extrémités d'un faisceau de capillaires plongeant dans une solution électrolytique on provoque un déplacement du liquide à travers l'ensemble de tubes; inversement, en provoquant un passage forcé de la solution ionique à travers ces capillaires on obtient aux deux extrémités du système de tubes une f. e. m. dite de filtration. Les deux phénomènes, parfaitement réversibles, sont dus à l'électrisation de contact (Helmholtz-Perrin).

II. Dans la nature on trouve des capillaires très fins constituant les vaisseaux ligneux et libériens des plantes. La sève monte à travers les vaisseaux ligneux, est élaborée dans les feuilles, ensuite renvoyée dans le reste de la plante par les vaisseaux libériens. Le débit descendant est de beaucoup inférieur au débit ascendant, par suite de la nutrition et de la transpiration du végétal. Ces deux courants de sève inégaux comme débit peuvent être mis en évidence par leurs f. e. m. de filtration respectives, qu'on peut mesurer au potentiomètre. Ainsi, par exemple, entre deux aiguilles de platine enfoncées l'une dans les racines, l'autre dans la tige (environ 2^{cm} au-dessus de la terre), il existe chez les Araucarias, chez les Géraniums et chez les Fuchsias une différence de potentiel E_0 pouvant atteindre et même dépasser à l'état normal 400 millivolts; dans ce cas la racine est toujours positive par rapport à la tige et la force électromotrice est, sans doute possible, créée par la montée de la sève. En effet en forçant la transpiration de la plante par une ventilation énergique ou par dessiccation de l'air (sous cloche), la f. e. m. racine-tige augmente [1]. Mieux encore, en coupant la plante et en aspirant énergiquement la sève par la section, E_0 augmente également, et diminue au contraire si au lieu d'aspirer on comprime. Bref cette différence de potentiel racine-tige peut servir de mesure relative pour le débit de la solution nutritive montante dans la plante. Or puisque l'ascension du liquide à travers les vaisseaux ligneux produit une f. e. m. de filtration, la réciproque est possible c'est-à-dire qu'en appliquant sur la tige en deux points convenables une différence de potentiel E' dirigée en sens contraire de E_0, on doit

[1] Entre certaines limites d'état hygrométrique.

provoquer un appel plus énergique de liquide nutritif et forcer la sève à monter plus abondamment; au contraire en appliquant une f. e. m. E″ dirigée dans le même sens que E_0 on doit contrarier cette ascension. C'est ce qui arrive effectivement. J'ai réalisé un certain nombre d'expériences suivant le schéma de la figure 1. Les points de prise des aiguilles en platine *a*, *b*, et *c* sont espacés de quelques centimètres. On applique en E′ ou E″ une différence de potentiel variant de 0 à ± 4 volts et l'on mesure au potentiomètre la f. e. m. E_0 proportionnelle au débit du liquide ascendant.

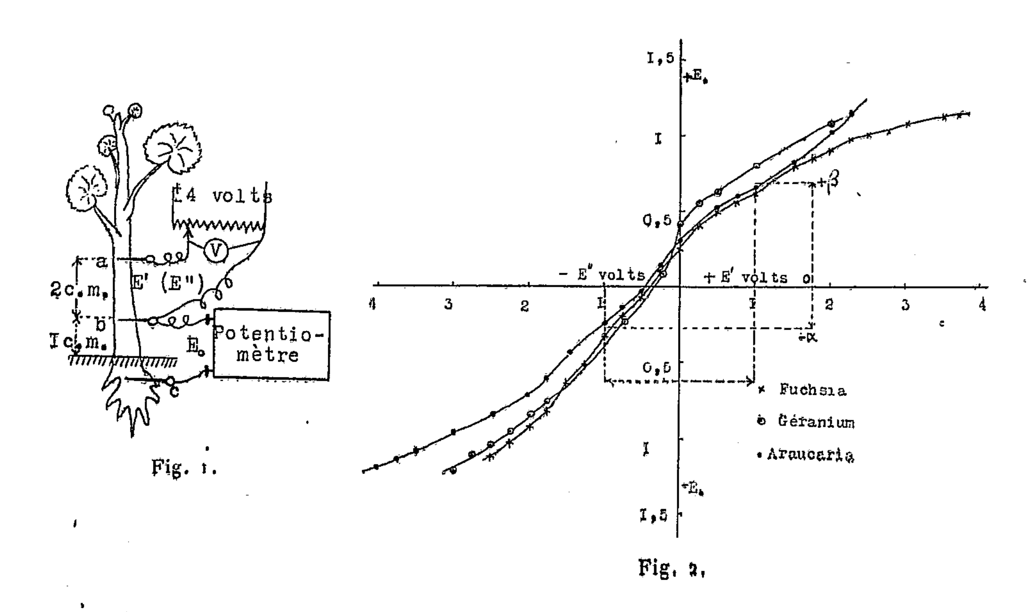


Fig. 1.

Fig. 2.

Le diagramme de la figure 2 contient quelques-uns des résultats obtenus. En abscisses sont portés les potentiels accélérateurs E′ (le + étant en haut de la tige, aiguille *a*) et les potentiels retardateurs E″ (l'aiguille *a* étant négative). La f. e. m. E_0 produite par l'ascension de la sève croît rapidement et peut atteindre et dépasser trois fois la valeur normale si l'on force le processus de filtration avec un champ accélérateur de 1 à 1,5 volt par centimètre. Au contraire en appliquant dans le point *a* un potentiel négatif E″, le débit ascendant de la sève diminue rapidement et devient nul pour un potentiel retardateur de 0,5 volt environ; en augmentant davantage ce dernier, la f. e. m. E_0 change de signe c'est-à-dire que le courant de sève au lieu de monter dans la tige au contraire descend.

III. Bref *il est possible de faire monter ou descendre la sève dans ces plantes plus ou moins rapidement*, en appliquant une différence de potentiel sur

la tige, convenablement orientée, qui aide ou qui contrarie le processus d'osmose électrique produit par les déplacements du liquide à l'intérieur de vaisseaux capillaires. Dans d'autres expériences (¹) j'ai séparé entièrement les deux circuits *ab* et *bc* (du potentiomètre et du champ accélérateur), mais le phénomène garde le même aspect.

En analysant le processus de plus près et en tenant compte du signe de la f. e. m. permanente E_0 ainsi que de celui du champ accélérateur E' on peut reconnaître que les parois internes celluloso-pectiques des vaisseaux capillaires, sont revêtues de charges électriques positives, alors que la couche liquide glissante transporte les charges négatives.

IV. Les courbes de la figure 2 ont un aspect singulièrement rapproché d'une caractéristique de détecteur. En effet, si la plante est attaquée entre les points *ab* (*fig.* 1), par un champ de haute fréquence d'amplitude 1, (± 1 sur l'abscisse de la figure 2), il en résulte sur l'ordonnée une variation de potentiel depuis $-\alpha$ à $+\beta$. Et l'amplitude négative $-O\alpha$ est de beaucoup inférieure à $+O\beta$. Par suite l'onde incidente produit une différence de potentiel statique entre la racine et la tige (cette dernière étant chargée positivement), de sorte que la plante fonctionne en détecteur. Cette particularité nous permet d'expliquer un ensemble de résultats que j'ai obtenus en faisant agir un champ puissant de haute fréquence sur quelques espèces végétales.

MÉDECINE. — *Fièvre exanthématique inapparente de l'homme provoquée par* Rhipicephalus sanguineus. *Sa virulence pour le singe et le cobaye.* Note de MM. **Jean Troisier** et **Roger Cattan**, transmise par M. Calmette.

Parmi les fièvres exanthématiques répandues dans diverses contrées du globe, il en est une, bien différenciée du typhus exanthématique transmis par le pou, qui est consécutive à l'inoculation d'un virus à l'homme par *Rhipicephalus sanguineus* du chien.

P. Durand et E. Conseil, les premiers, ont réussi à transmettre à l'homme cette fièvre exanthématique (fièvre boutonneuse) en lui inoculant le produit de broyage de quinze *Rhipicephalus* prélevés sur un chien vivant au contact d'un malade (mai 1930).

E. Brumpt confirmait cette découverte en inoculant à l'homme le pro-

(¹) Qui seront exposées ailleurs.

duit de broyage de cent tiques provenant de la fourrière de Marseille (novembre 1930).

De même P. Durand, à Tunis, inoculait avec succès à l'homme et au Cynomolgus des *Rhipicephalus* n'ayant pas été en contact avec des sujets malades (avril 1931).

Nous avons repris récemment cette étude en partant de soixante *Rhipicephalus sanguineus* adultes, mâles et femelles [1], prélevés sur un jeune chien la seconde semaine d'avril 1931, dans une campagne voisine de Saint-Tropez (Var); ce chien n'avait été en contact avec aucun sujet malade.

Ces soixante tiques ont été broyées aseptiquement, additionnées d'eau salée physiologique, légèrement centrifugées; la partie liquide a été seule employée pour les inoculations.

I. Un homme adulte, justiciable de la pyrétothérapie, est inoculé avec la presque totalité du liquide (22 avril).

Ce sujet reste apyrétique pendant les deux mois qui suivent l'injection et ne présente aucun phénomène morbide.

Néanmoins la réaction de Weil-Felix, négative antérieurement, ne tarde pas à se montrer positive (à 1/150 le 6 mai, à 1/250 le 11 mai, à 1/50 les 18 mai, 23 mai, 30 mai, 5 juin, 16 juin, et de nouveau à 1/250 le 30 juin.

II. Un singe (*Cercopithecus Patas*) est inoculé à son tour avec le sang du sujet précédent (10 cc. le 9 mai et 20 cc. le 11 mai).

Après une incubation de douze jours, avec baisse légère de la température, on observe une courbe fébrile pendant quatre jours, accompagnée de trois poussées de macules pourprées sur les lèvres et sur la paupière.

La réaction de Weil-Felix, négative antérieurement, est positive au 1/300 le 5 juin 1931.

Dans ces conditions on peut admettre que l'homme inoculé avec le broyage des *Rhipicephalus* a présenté une maladie inapparente, puisque son sang était virulent pour le singe inférieur.

Signalons expressément que non seulement le singe peut présenter de la fièvre, mais encore une éruption de taches pourprées sur le visage.

Cette fièvre exanthématique est également virulente pour le cobaye.

III. Un cobaye (n° 37) est inoculé les mêmes jours que le précédent Patas avec des doses moindres du sang (5^{cm^3} le 9 mai, et 5^{cm^3} le 11 mai) de l'homme injecté avec le broyage des tiques.

---

(1) M. Roubaud a bien voulu nous préciser la détermination de ces tiques.

Ce cobaye présente une courbe thermique superposable à celle du Patas avec une poussée fébrile du 13e au 16e jour.

Par contre, on ne lui trouve aucune éruption.

IV. Un macaque (*Macacus cynomolgus* n° 171) est inoculé avec le sang du cobaye précédent (1^{cm^3} prélevé le 4e jour de la fièvre).

Ce singe ne présente qu'une faible ondulation thermique, mais, par contre, on constate le 8e et le 12e jour deux macules pourprées typiques sur chacune des paupières.

L'une de ces taches, large de $2^{mm},5$ environ, de pourtour irrégulier, incomplètement effacée par la pression, qui laisse une teinte ocre, est prélevée par biopsie.

L'examen histologique y décèle de l'endo- et de la périvascularite aiguë. (Infiltrats périvasculaires de polynucléaires, endothélite aboutissant à des thromboses de petites veinules).

La fièvre exanthématique transmise par *Rhipicephalus* est donc non seulement virulente pour le singe, mais également pour le cobaye, puisque le passage du sang du cobaye infecté et malade donne une maladie pourprée au *cynomolgus* avec lésions histologiques typiques, identiques aux lésions décrites chez l'homme par P. Durand.

Un autre argument nous a été fourni par l'analyse d'une courbe thermique d'un cobaye (n° 87), inoculé avec 1^{cm^3} du liquide de broyage de nos soixante tiques (23 avril). Ce cobaye a présenté 16 jours après l'injection un clocher thermique sans lendemain.

La fièvre exanthématique liée à l'introduction dans l'organisme d'un virus transmis par *Rhipicephalus sanguineus* peut donc se présenter en clinique humaine comme une maladie inapparente.

On sait que le type des maladies inapparentes est le typhus exanthématique transmis par le pou (Ch. Nicolle). Notons toutefois que chez l'homme, la réaction de Weil-Felix, nettement positive, nous a permis de reconnaître cet état morbide, même sans fièvre, même sans éruption.

Nos expériences apportent également la preuve de la sensibilité de certains cobayes au virus de la fièvre exanthématique. Cette sensibilité permet encore de rapprocher, sur le terrain expérimental comme sur le terrain clinique, le typhus exanthématique de la fièvre exanthématique transmise par les tiques des chiens.

HYGIÈNE INDUSTRIELLE. — *La nocivité des brouillards mosans est due à des émanations industrielles.* Note [1] de M. **Félix Bertyn.**

M. Jules Amar [2], se basant sur des expériences de laboratoire, s'est efforcé de démontrer que le brouillard expliquerait à lui seul la mortalité effrayante constatée autour de Liége en décembre 1930.

Je ne crois pas pouvoir me rallier à cette thèse et je vais en donner les raisons.

I. Il règne fréquemment des brouillards intenses et prolongés dans les vallées ardennaises. Or la maladie, vulgairement dénommée asthme des brouillards, d'un de ses principaux caractères, n'a apparu que d'une manière très espacée et très irrégulière, savoir en 1897, 1902, 1911, 1930.

A ces moments (ce fut toujours en décembre ou en janvier) les cartes synoptiques du temps indiquaient des situations à brouillard. Le météore s'observait sur presque toute l'Europe. Mais la maladie et les décès restèrent circonscrits à un secteur limité de la vallée de la Meuse, compris entre Huy et Liége.

Il résulte de ces deux faits non seulement que le brouillard ne pourrait avoir qu'une influence locale, mais même que cette influence serait purement accidentelle.

La situation anticyclonique internationale a amené un refroidissement progressif et général de la basse atmosphère, dont le brouillard a été la conséquence.

Mais ce météore n'exige pas nécessairement, pour se former et se maintenir, la saturation complète de l'air. Le fait a été constaté à Londres et je l'ai vérifié en Belgique. Loin d'avoir marqué constamment 100, l'hygromètre est descendu souvent au-dessous de cette valeur.

L'eau, n'étant pas en excès dans l'air, ne pouvait l'être dans les poumons. L'évaporation était suffisante.

D'ailleurs il y a eu des cas de maladie dans des étables situées hors du brouillard. Parmi les patients les premiers atteints l'ont été le plus fortement et comme par surprise, et l'on a constaté une amélioration, lorsque le météore atteignait son maximum d'intensité.

---

(1) Séance du 22 juin 1931.

(2) *Hydrodiffusion et brouillards mortels* (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 174).

L'action nocive, directe, essentielle de ce dernier est donc exclue.

II. A quoi dès lors attribuer *l'asthme des brouillards?*

Je crois que le mal n'est pas d'origine microbienne, comme l'ont prétendu des vétérinaires et des agronomes, mais qu'il est dû aux émanations industrielles, gaz d'une part, fumées et poussières d'autre part.

Dans le secteur envisagé de la vallée de la Meuse, l'atmosphère semble irrespirable, elle dépose sur le linge étendu dans les vergers une poussière noire, grasse, collante, corrosive et des taches d'oxyde de fer; les expectorations des malades en étaient chargées. La culture est à peu près impossible.

D'autre part le brouillard avait une couleur jaunâtre. Il avait l'odeur de l'anhydride sulfureux, bien connue des habitants, ce gaz si avide d'eau et dont provenaient les symptômes, tels que picotements à la gorge, quintes de toux, sensations de brûlure intérieure.

L'anhydride sulfureux provient des usines qui fabriquent du zinc et de l'acide sulfurique à partir des blendes, des fours à coke, de la combustion de la houille. Celle-ci contient 1,7 pour 100 de soufre, dont on ne retrouve que 0,2 dans les cendres. On décèle l'anhydride sulfureux même aux environs de la forêt de Soignes où il n'y a pas d'usines. Mais, autour de celles-ci, des prises d'air faites jusqu'à la distance de 1^{km} renferment des quantités de sulfate appréciables, doubles de celles relevées dans les régions les plus saines. L'eau de pluie a une réaction acide et l'analyse du givre, ce résidu du brouillard, a révélé la présence d'acide sulfurique.

Si la mortalité ordinaire n'est pas plus élevée dans la vallée de la Meuse que dans les autres parties du royaume, la raison s'en trouve dans la prédominance des vents d'entre Sud-Ouest et Ouest qui soufflent avec force dans le sens du cours descendant du fleuve et dispersent les gaz et les poussières.

Mais ceux-ci, lorsqu'ils ne sont pas dispersés par les courants aériens, et c'est là pour moi le point capital, sont doublement nocifs, soit qu'à l'instar de l'arsenic, ils pénètrent dans le sang et les tissus, soit qu'ils irritent et enflamment les voies respiratoires jusqu'à faire naître de l'emphysème.

Je conclus que le mal n'est pas dû au brouillard, ni à une action microbienne, mais aux émanations industrielles, qui sont d'une part les gaz, parmi lesquels en ordre principal l'anhydride sulfureux, d'autre part les fumées et les poussières, concentrées dans les couches de l'atmosphère voisines du sol et les parties les plus encaissées de la vallée, comme à Engis, grâce au concours fâcheux, mais exceptionnel de trois circonstances météorologiques: abaissement de la température de l'air au-dessous de zéro, stagna-

tion d'un brouillard épais et prolongé, persistance d'une zone de calme dans l'atmosphère, dont la stabilité thermique s'observait jusqu'à mille mètres de hauteur.

La séance est levée à 15h50m. E. P.

ERRATA.

(Séance du 22 juin 1931.)

Note de M. *Gabeaud*, Sur la résistance de l'air aux vitesses balistiques :

Au lieu de Note de M. Gabeault, *lire* Note de M. Gabeaud.

Page 1631, ligne 7, *au lieu de* section V, *lire* section σ; ligne 18, *au lieu de* frontière N, *lire* frontière $\mathcal{N}$.

Page 1632, ligne 1, *au lieu de* et du front R, *lire* et du front $\mathcal{R}$.

Page 1633, ligne 16, *au lieu de* pour $V_0 = 64$, *lire* pour $V_0 = 640$.

(Séance du 29 juin 1931.)

Note de M. *Emm. de Margerie*, Les dernières feuilles de la Carte générale bathymétrique des Océans :

Page 1690, avant-dernière ligne du texte, *au lieu de* fournirait, *lire* fournissait.

Page 1691, ligne 8, *au lieu de* fouille, *lire* feuille; ligne 18, *au lieu de* la Terre, *lire* les Terres; ligne 23, *au lieu de* complète, *lire* complété; note (2), ligne 2, placer une virgule après le chiffre 4; ligne 4, *au lieu de Geographcatl*, *lire Geographical*.

Page 1692, ligne 8, *au lieu de* 150 à 125°, *lire* 15 à 125°; ligne 21, *au lieu de* utilisé, *lire* utilisés; dernière ligne du texte, *au lieu de* de Ellesmerre, *lire* d'Ellesmere.

Page 1693, ligne 20, *au lieu de* 1000m, *lire* 3009m.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 15 JUILLET 1931.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS DE LAUNAY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Nous avons eu le regret d'apprendre la mort, malheureusement confirmée, de notre Associé étranger **Albert A. Michelson.**

Né aux environs de Posen, le 19 décembre 1852, Michelson, après avoir étudié à Heidelberg et à Paris, fut un moment officier dans la Marine américaine, mais quitta bientôt ses fonctions pour devenir professeur à l'Université de Chicago et porter son effort sur les plus difficiles problèmes de l'optique, qu'il aborda à la fois avec une hardiesse inusitée, une habileté rare, une précision exceptionnelle et une admirable persévérance.

Comme l'a rappelé M. Fabry, à la compétence duquel j'emprunte un jugement sur lequel je suis heureux de m'appuyer, l'œuvre scientifique de Michelson peut être regardée comme un magnifique prolongement de celle des physiciens français du XIXe siècle et, tout particulièrement, de l'œuvre de Fizeau. Il rappelait volontiers que, vers 1880, il avait été autorisé à suivre pendant un semestre les cours de Cornu à l'École Polytechnique et que les éloges décernés par cet éminent physicien au débutant qu'il était alors avaient été pour lui un précieux encouragement.

Toute sa vie il s'est attaché aux plus grandes et aux plus difficiles questions concernant la propagation de la lumière. Il avait commencé par reprendre à l'Académie Navale l'expérience du miroir tournant; il fut conduit peu à peu à préciser, au moyen de son interféromètre, la notion de l'éther élastique et l'influence de la rotation terrestre sur le déplacement

des rayons lumineux et se trouva être ainsi le promoteur du grand mouvement d'idées connu sous le nom de théorie de la relativité, sans abandonner pour cela jusqu'au dernier jour l'espoir de mettre en évidence le mouvement de la Terre par rapport à l'éther.

Après quoi, poursuivant une idée qu'avait eue Fizeau en 1864, il s'efforça de réaliser des mesures particulièrement précises par comparaison avec la longueur d'ondes d'une lumière bien définie. Dans un travail resté célèbre qu'il effectua en 1892 avec la collaboration de René Benoît, il donna ainsi du mètre étalon une mesure dont la parfaite exactitude a été plus tard confirmée.

Il aborda ensuite l'astronomie. Ici encore Fizeau avait remarqué en 1868 que l'observation d'un système de franges d'interférences obtenues au moyen de la lumière d'une étoile pourrait donner une indication sur son diamètre apparent. En 1890 Michelson transforma la méthode et, grâce aux ressources exceptionnelles du Mont Wilson, parvint en 1920 à révéler pour la première fois l'immensité de certaines étoiles dont le diamètre est des milliers de fois plus grand que celui du Soleil.

La géophysique l'attira aussi. Il réussit, dans un canal de 150^{m}, à mesurer la déviation de la verticale produite par l'attraction luni-solaire sur une nappe d'eau. Il la trouva moitié moindre que le calcul ne l'annonçait en supposant la Terre rigide. Il en conclut que la Terre se déforme sous l'influence du Soleil et de la Lune, et mesura ainsi la rigidité de l'écorce terrestre.

Il faudrait encore citer la construction de réseaux de diffraction d'une perfection inégalée, la répétition sur une grande échelle de la célèbre expérience prouvant l'entraînement partiel des ondes lumineuses par la matière en mouvement, une répétition grandiose de l'expérience de Sagnac montrant la rotation terrestre, etc.

Enfin, dans les derniers temps de sa vie, il était revenu une fois de plus à ses recherches sur la vitesse de la lumière. Pour éliminer les causes d'erreurs il s'efforçait de la mesurer dans un long tube où il avait fait le vide. Les expériences étaient en cours quand la mort le surprit en pleine activité intellectuelle, sans qu'il eût un instant interrompu son œuvre de physicien.

Cet illustre savant avait obtenu en 1907 le prix Nobel. Il avait été élu Correspondant de l'Académie le 9 avril 1900 et Associé étranger le 23 février 1920.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Nagaoka**, professeur de l'Université de Tokio; **Zaremba**, professeur de l'Université de Cracovie; **Prasad**, de l'Université de Allahabad, qui assistent à la séance.

OPTIQUE APPLIQUÉE. — *Sur un niveau interférentiel sans bulle d'air.* Note (¹) de M. **Ch. Fabry.**

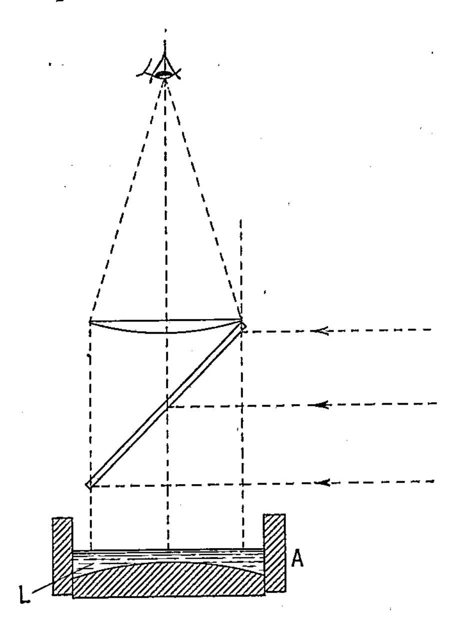
Diverses déterminations astronomiques et géodésiques se font habituellement par l'emploi d'un *niveau*, instrument qui permet de constater qu'une certaine direction liée à un système rigide est horizontale, et qui permet d'estimer le petit angle résiduel si l'horizontalité n'est pas rigoureuse. Le niveau à bulle d'air est l'instrument généralement employé pour résoudre ce problème; s'il donne une solution rapide et satisfaisante pour les observations courantes, on sait que son emploi ne va pas sans quelques difficultés lorsque l'on recherche la plus haute précision. Il m'a semblé que les phénomènes d'interférence, qui offrent des moyens précis et commodes pour repérer la position relative de deux surfaces, devraient donner une solution du même problème en prenant comme surface de référence la surface libre d'un liquide.

On peut, de diverses manières, produire des phénomènes d'interférence au moyen d'une lame mince comprise entre la surface libre d'un liquide et la surface d'un corps solide. De l'observation des franges on pourra déduire l'orientation de la surface solide par rapport au plan horizontal. Parmi les nombreux dispositifs imaginables, j'ai essayé le suivant, qui m'a paru le plus simple, et qui peut être considéré comme l'équivalent du niveau sphérique.

Le liquide est placé dans une cuvette cylindrique en verre A (*voir* la figure) dont le fond est une surface sphérique, concave ou convexe, de très grand rayon. L'épaisseur du liquide L peut être, par exemple, de l'ordre du millimètre. On observe, par réflexion, les franges produites par la couche mince de liquide comprise entre la surface libre et la surface qui constitue le fond; pour cela on éclaire normalement l'ensemble par un faisceau de lumière parallèle et monochromatique (lumière du mercure) et l'on observe la lumière réfléchie au moyen du dispositif bien connu de la lame à 45°. Le

(¹) Séance du 29 juin 1931.

facteur de réflexion de la surface de séparation du verre et d'un liquide est le plus souvent très faible; il convient de recouvrir la surface du verre d'une couche métallique très mince, par exemple de platine obtenu par projection cathodique, de telle manière que le facteur de réflexion ait une valeur convenable. L'expérience m'a montré que, dans ces conditions, les



franges sont facilement observables. La seule difficulté provient des trépidations, qui mettent la surface libre en mouvement; ces trépidations sont très gênantes si le liquide est de l'eau, mais avec de l'huile toute difficulté disparaît.

La lame mince qui produit les franges ayant une de ses faces planes et l'autre sphérique, on obtient un système d'anneaux, dont le centre se déplace quand on change l'orientation de l'appareil. On peut amener le centre des anneaux à coïncider avec un repère marqué sur la surface du verre, et cette opération, analogue à celle que l'on fait avec un niveau sphérique quand on amène la bulle sur un repère, a pour effet de rendre horizontal le plan tangent à la surface sphérique au point marqué. On peut donner à ce critérium une très grande précision.

Soient en effet R le rayon de la surface sphérique, λ la longueur d'onde de la lumière, et n l'indice de réfraction du liquide. Supposons, pour fixer les idées, qu'au moment de l'observation le centre des anneaux soit un minimum de lumière (point noir au centre). Le premier anneau brillant

aura pour rayon

$$(1)\qquad \rho=\sqrt{\frac{R\lambda}{2n}}.$$

D'autre part, si l'on incline l'appareil d'un petit angle α, le centre des anneaux subit un déplacement

$$(2)\qquad x=\alpha R.$$

Ce qui importe, pour savoir si ce déplacement est observable, ce n'est pas sa valeur absolue, mais sa valeur comparée au rayon de l'anneau, c'est-à-dire le rapport

$$(3)\qquad \frac{x}{\rho}=\alpha\sqrt{\frac{2nR}{\lambda}}.$$

On peut rendre cette quantité aussi grande que l'on veut en augmentant le rayon de courbure R, et aucune difficulté de construction ne s'oppose à l'emploi d'un très grand rayon; mais, si l'on augmente indéfiniment R, on augmente en même temps le rayon ρ de l'anneau et l'observation peut devenir impossible. Il est donc rationnel d'exprimer $\frac{x}{\rho}$, non pas en fonction de R, mais au moyen de ρ, quantité qui caractérise l'aspect du phénomène d'interférence. Éliminant R entre les équations (1) et (3), on obtient

$$(4)\qquad \frac{x}{\rho}=\left(\frac{2n\rho}{\lambda}\right)\alpha.$$

Ayant choisi la valeur de ρ, on calculera R par l'équation (1) qui donne

$$R=2n\frac{\rho^2}{\lambda}.$$

Soit $\lambda=0^{\mu},55$ (raie verte du mercure), et $n=1,4$.

On peut, sans difficulté, choisir $\rho=1^{\text{cm}}$, ce qui exige un rayon de courbure de 500^{m}, facile à obtenir. L'équation (4) donne alors

$$\frac{x}{\rho}=5\times 10^4\alpha.$$

Une rotation de $1''$ donne $\frac{x}{\rho}=0,25$, soit un déplacement du centre égal *au quart* du rayon du premier anneau, ce qui est énorme. En valeur absolue, ce déplacement est de $2^{\text{mm}},5$.

Par une observation soignée, la position du centre doit être fixée, sans

difficulté, avec une incertitude moindre que le centième du rayon; s'il en est ainsi, l'orientation se trouve fixée avec une précision de l'ordre de $0'',04$.

Les essais que j'ai faits n'avaient d'autre but que de montrer la possibilité de construire un niveau interférentiel; des essais plus complets seraient utiles. Il est d'ailleurs évident que d'autres formes de surface et par suite de franges pourraient être envisagées.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les divers modes de contraction des filets à l'entrée d'un ajutage*. Note (1) de MM. **C. Camichel** et **P. Dupin**.

Nous avons étudié antérieurement les phénomènes qui se produisent à l'aval d'un corps immergé dans un fluide visqueux (2), lorsqu'on fait varier progressivement les nombres de Reynolds, et qui comprennent la déformation des courbes α, β (*fig.* 1 de la planche) représentant les trajectoires des particules, la production des tourbillons alternés de Bénard (3) et celle des surfaces de discontinuité.

On retrouve une succession de phénomènes analogues, si l'on considère l'écoulement d'un fluide à l'entrée d'un ajutage à section circulaire ou rectangulaire. Pour de petits nombres de Reynolds, on constate que les filets suivent la paroi, *il n'y a pas de contraction* (*fig.* 2), c'est là un fait qui n'avait jamais été signalé, du moins à notre connaissance. Un accroissement du nombre de Reynolds donne ensuite naissance, au voisinage des parois, à un mouvement du liquide analogue à celui qui dessine les courbes α à l'aval des obstacles. *La contraction des filets qui en résulte est alors variable avec le nombre de Reynolds* (*fig.* 3).

Pour des nombres de Reynolds plus élevés les tourbillons apparaissent, se superposent aux courbes α et les déforment. Enfin, pour des nombres de Reynolds encore plus grands, il y a apparition de la surface de discontinuité et, dès lors, *la contraction devient constante*, c'est-à-dire indépendante du nombre de Reynolds comme nous avons pu le vérifier pour des vitesses sur l'axe variant de 15^{cm} à 70^{cm} par seconde, dans un ajutage rectangulaire ayant comme section 3×12^{cm} (*fig.* 4).

Dans ces dernières expériences, si l'on considère un point déterminé de

(1) Séance du 29 juin 1931.

(2) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1557.

(3) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1556.

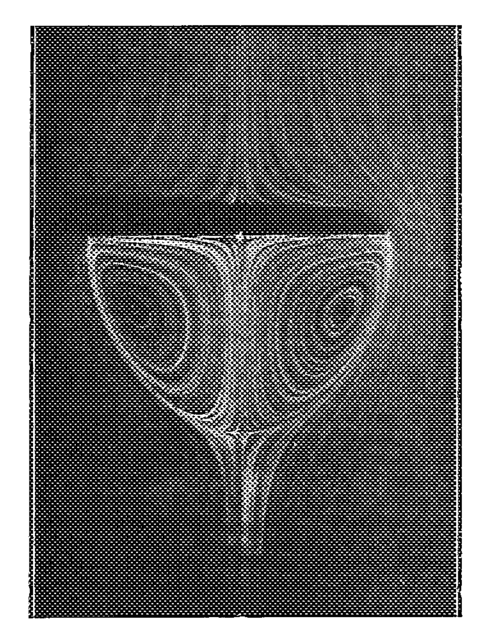


Fig. 1. — Ajutage à section circulaire de 8cm de diamètre; courbes α β, sans alimentation; disque ayant comme diamètre 5cm; huile, $\frac{\mu}{\rho} = 3,7$; vitesse : V = 67,7 cm/s.

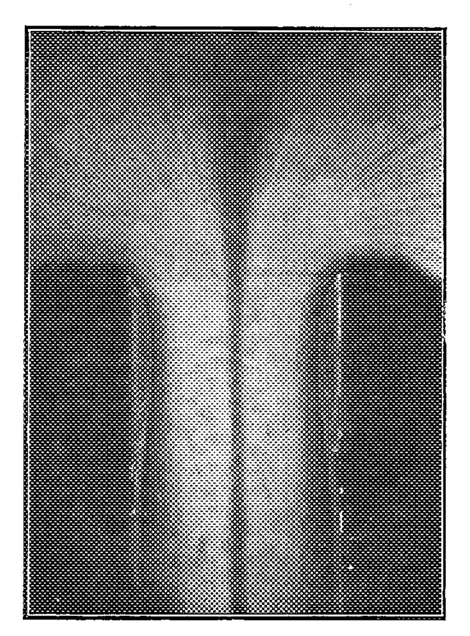


Fig. 3. — Le même ajutage que pour la figure 2 : contraction variable avec le nombre de Reynolds; mélange d'huile et de tétrachlorure de carbone, $\frac{\mu}{\rho} = 0,3$; vitesse sur l'axe : V = 20 cm/s.

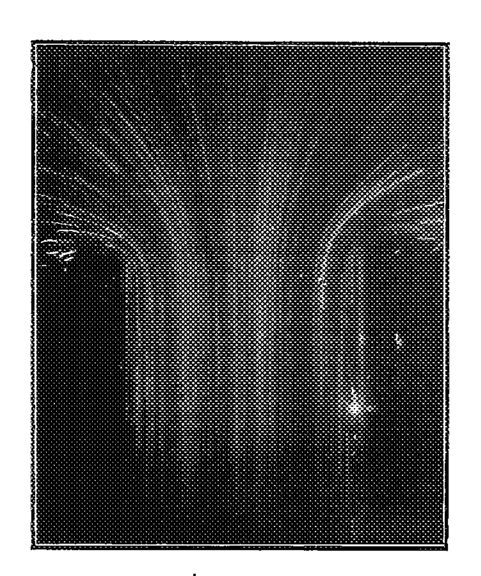


Fig. 2. — Ajutage ayant comme section : 3 × 12cm; absence de contraction; huile, $\frac{\mu}{\rho} = 2,0$; vitesse sur l'axe : V = 20 cm/s.

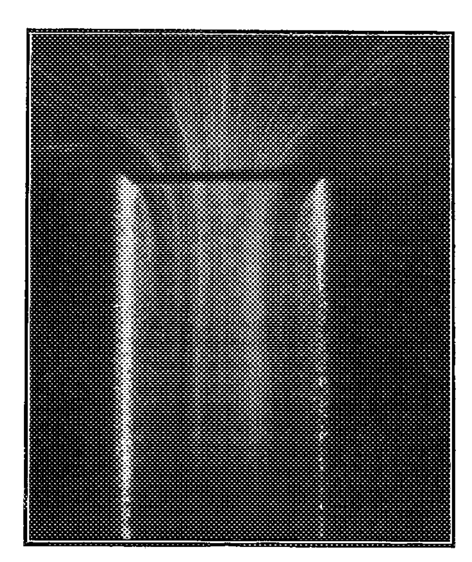


Fig. 4. — Le même ajutage que pour les figures 2 et 3; surface de discontinuité; contraction constante; eau, $\frac{\mu}{\rho} = 0,012$; vitesse sur l'axe variant de 15cm à 70cm.

l'écoulement, la mesure de la circulation du vecteur vitesse le long d'un contour entourant le point étudié permet de déterminer la valeur du vecteur tourbillon. C'est ainsi que l'on peut constater qu'au voisinage de l'orifice d'entrée de l'ajutage, mais à l'extérieur, le vecteur tourbillon décroît quand le nombre de Reynolds augmente, et finit par s'annuler.

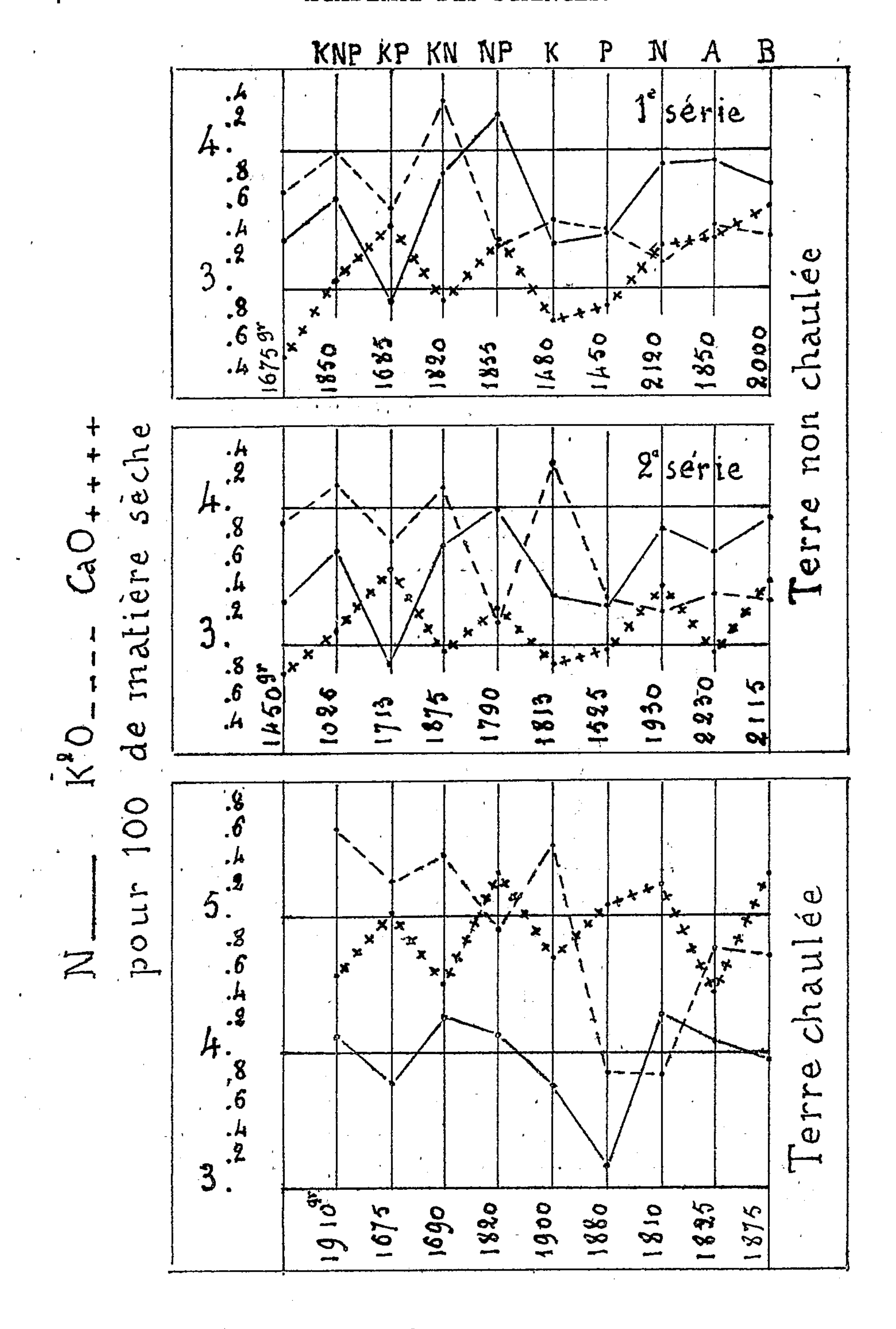
Il est bon de remarquer qu'à l'intérieur de l'ajutage, dans la portion où les filets sont parallèles à l'axe, il n'y a jamais de potentiel des vitesses puisqu'il existe une répartition de celles-ci.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variation des rapports physiologiques entre les constituants minéraux d'une espèce végétale.* Note (1) de MM. **Henri Lagatu** et **Louis Maume.**

L'ensemble de nos observations sur la cinématique de l'alimentation minérale d'une feuille prise en place déterminée (diagnostic foliaire) nous a conduits, contrairement à la doctrine couramment enseignée de la fixité des rapports physiologiques dans une espèce végétale donnée, à admettre une grande variabilité de ces rapports. La composition minérale d'une espèce végétale semble ne pouvoir être définie qu'en relation avec le mode et l'ampleur de son développement.

L'analyse du bouquet de petites feuilles qui subsiste comme dernier organe vert au sommet des fanes de la pomme de terre, pendant la période végétative au cours de laquelle les organes verts s'épuisent au profit des tubercules, nous a paru présenter un certain intérêt du point de vue où nous venons de nous placer. Puisque ce résidu de végétation, destiné à une fin prochaine, ne saurait avoir de fonction assimilatrice notable; puisque sa faible teneur en potasse, souvent de moitié moins élevée que dans les jeunes feuilles du début, témoigne déjà de l'abandon qu'en fait la plante en tant qu'organe à développement ultérieur, la question peut se poser de savoir si le chimisme de ces petites feuilles tardives obéit encore aux caractéristiques du sol et des engrais; ou si, échappant aux contraintes du milieu chimique, ces organes, en survie plutôt morphologique que physiologique, ne s'en tiennent pas à des caractères proprement spécifiques, auquel cas on devrait leur trouver la même composition dans diverses parcelles diversement enrichies de sels alimentaires.

(1) Séance du 6 juillet 1931.


KNP KP KN NP K P N A B
1re série
2e série
Terre non chaulée
Terre chaulée
N —— K²O ---- CaO ++++
pour 100 de matière sèche
1675gr 1850 1685 1820 1855 1480 1450 2120 1850 2000
1450gr 1026 1713 1875 1790 1813 1525 1930 2230 2115
1910gr 1675 1690 1820 1900 1880 1810 1825 1875

Nos cultures, faites en 1929 dans une terre humifère de schiste séricíteux granulitisé du massif de l'Espinouse (Cévennes), comprenaient d'une part deux séries de dix parcelles où, en dehors du témoin, les apports procédaient d'un mélange ternaire KNP comportant, par hectare, 200^{kg} de K^2O du chlorure de potassium, 134^{kg} de N du sulfate d'ammoniaque, 67^{kg} de P^2O^5 du superphosphate, ce qui donne aux rapports $K^2O/N/P^2O^5$ la valeur 3/2/1. Résultant de suppressions dans KNP, les apports dans les diverses parcelles sont indiqués au sommet de notre graphique. On y a joint deux autres apports ternaires contenant tous deux la même quantité de K^2O, 200^{kg} à l'hectare, mais où les rapports $K^2O/N/P^2O^5$ étaient respectivement, pour la parcelle A 1/1/1, pour la parcelle B 1/2/3. D'autre part, neuf autres parcelles, formant une troisième série, ont reçu exactement les mêmes sels, mais la terre, notablement acide ($pH = 5,5$), y avait été préalablement chaulée à raison de 2000^{kg} de chaux par hectare (la parcelle exclusivement chaulée n'a pas été réalisée).

Les échantillons du bouquet terminal de petites feuilles ont été prélevés le 14 septembre, vingt-sept jours avant la récolte : c'est dans ce dernier intervalle de temps que se sont formés plus des deux tiers du poids des tubercules, dont le poids frais total en grammes par pied est indiqué pour chaque parcelle. Dans ces échantillons nous avons déterminé les teneurs de la matière sèche en potasse, azote, chaux et acide phosphorique (pour des raisons d'échelle nous n'avons pas porté sur notre graphique les teneurs en acide phosphorique).

Les diagrammes donnent à la question que nous nous sommes posée une réponse très nette : la composition minérale de ces bouquets terminaux est partout notablement influencée par les sels nutritifs et par la chaux.

La grande analogie des diagrammes fournis par les deux premières séries de parcelles confirme la valeur du document mis en évidence : en dépit de quelques différences, les trois principes fertilisants sont, dans les parcelles homologues, toujours rangés quantitativement dans le même ordre, qui varie pour les parcelles non homologues. Le décalage des diagrammes et la perturbation des rapports physiologiques par l'intervention de la chaux sont très remarquables.

Conclusion. — Jointe aux études que nous avons déjà publiées (*Comptes rendus*, 190, 1930, p. 389; *Annales de la Science agronomique*, 1930, p. 595-653), cette expérience démontre qu'en ce qui concerne les teneurs de la matière sèche en azote, potasse et chaux, les feuilles du sommet des rameaux ont, comme les premières feuilles et jusqu'à la fin de la végétation, une composition

variable avec la nature du milieu chimique. Il ne convient pas d'en conclure que la tendance spécifique du végétal soit chimiquement inagissante; mais simplement que, rencontrant des obstacles, elle n'aboutit pas à un type constant de composition minérale de la matière sèche, et que, en fait, dans le feuillage du végétal étudié, il n'y a aucun refuge pour l'hypothèse d'une constance spécifique des rapports physiologiques.

M. **Ch. Maurain**, au nom de MM. **E. Mathias** et **L. Eblé**, de Mlle **Homery**, et en son nom, fait hommage à l'Académie du troisième Mémoire relatif au *Nouveau Réseau magnétique de la France au 1er janvier* 1924 (¹).

Ce Mémoire a été établi, comme les deux précédents, sous les auspices de la Section de Magnétisme et Électricité terrestres du Comité national français de Géodésie et de Géophysique, présidée par M. le général Ferrié. Il est intitulé : *Anomalies du champ magnétique terrestre en France*. A ce Mémoire sont jointes les Cartes en couleurs au $\frac{1}{2000000}$ des Anomalies magnétiques de la Déclinaison, de l'Inclinaison et des Composantes horizontale et verticale du champ. Il comprend les indications relatives à l'établissement de ces cartes, la description des principales anomalies et quelques considérations sur leur répartition, leurs relations avec la géologie et l'application de l'observation des anomalies magnétiques à l'étude du sous-sol. A ce sujet qu'il soit permis de rappeler que l'un de nous (E. M.) avait indiqué dans un travail déjà ancien [*L'Alpinisme et le Magnétisme terrestre* (*Annuaire du Club Alpin français*, 1901)] « que les études de magnétisme terrestre sont une application directe ou devront, dans un avenir plus ou moins éloigné, être considérées comme une application directe de la physique à la géologie. Elles pourront en effet fournir dans des cas fréquents des renseignements qu'on ne saurait avoir autrement sur des discontinuités de l'intérieur du sol ».

Ce Mémoire termine les publications relatives au *Nouveau Réseau magnétique de la France*.

(¹) Le premier Mémoire a été présenté à l'Académie dans sa séance du 21 octobre 1929 par M. E. Mathias (*Comptes rendus*, 189, 1929, p. 667); le deuxième, dans la séance du 13 octobre 1930, par M. Ch. Maurain (*Comptes rendus*, 191, 1930, p. 591 Les trois Mémoires ont paru dans les *Annales de l'Institut de Physique du Globe et du Bureau Central de Magnétisme terrestre*, 7, 1929, p. 1; 8, 1930, p. 37; 9, 1931, p. 37.

M. **Édouard Le Roy** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Eugène Blanc, intitulé *Problèmes et Compléments de Mécanique à l'usage des candidats au Certificat de Mathématiques générales et des élèves de Mathématiques spéciales*, dont il a écrit la *Préface*.

NOMINATIONS.

M. **A. Lacroix** est désigné pour représenter l'Académie dans le Comité qui se forme à Montbéliard pour célébrer en 1932 le centenaire de la mort de *Cuvier*.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions n-métaharmoniques.* Note [1] de M. **M. Ghermanesco**, transmise par M. E. Goursat.

Je me propose de retrouver et compléter les résultats de M. Jean-Pierre Robert [2] et ceux de Miron Nicolesco [3], en ce qui concerne les fonctions n-métaharmoniques de p variables.

1. Soit $u(P)$ une fonction bornée et intégrable dans un domaine D de l'espace à p dimensions, vérifiant, en tout point de D, l'équation aux dérivées partielles

$$\Delta^n u + \lambda_1 \Delta^{n-1} u + \lambda_2 \Delta^{n-2} u + \ldots + \lambda_n u = 0. \qquad (1)$$

Soient encore α_i les racines de l'équation

$$X^n + \lambda_1 X^{n-1} + \ldots + \lambda_n = 0 \qquad (2)$$

et

$$\Phi(R) = \sum_0^\infty B_k \left(\frac{R^2}{4}\right)^k$$

---

(1) Séance du 6 juillet 1931.

(2) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 193; **192**, 1931, p. 326, 1146.

(3) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 515, et *Rendiconti Lincei*, 6e série, **12**, II, 2e sem., 1931, p. 553.

ou

$$\Phi(\rho) = \sum_0^\infty B_k \rho^k \tag{3}$$

avec $4\rho = R^2$ et

$$1 = B_k k! \frac{p}{2}\left(\frac{p}{2}+1\right)\cdots\left(\frac{p}{2}+k-1\right). \tag{4}$$

Posons

$$\mu_i = \Phi(\rho\alpha_i),$$

on a

$$\Delta\mu_i = \alpha_i \mu_i. \tag{5}$$

μ_1 est la fonction Φ_n de M. M. Nicolesco.

En désignant par μ la moyenne superficielle de la fonction u sur l'hypersphère de centre P et de rayon R, contenue dans D, on a la relation

$$\begin{vmatrix} \mu & u & \Delta u & \Delta^2 u & \dots & \Delta^{n-1} u \\ \mu_1 & 1 & \alpha_1 & \alpha_1^2 & \dots & \alpha_1^{n-1} \\ \mu_2 & 1 & \alpha_2 & \alpha_2^2 & \dots & \alpha_2^{n-1} \\ \cdot\cdot & \cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdots & \cdots \\ \mu_n & 1 & \alpha_n & \alpha_n^2 & \dots & \alpha_n^{n-1} \end{vmatrix} = 0. \tag{6}$$

En désignant par $\Phi_0(\rho)$, $\Phi_1(\rho)$, ..., $\Phi_{n-1}(\rho)$ les coefficients de u, Δu, ..., $\Delta^{n-1} u$, ces fonctions satisfont à l'équation

$$\frac{d^n}{d\rho^n}\left[\rho^{n-\frac{p}{2}+1}\frac{d^n}{d\rho^n}\left(\rho^{\frac{p}{2}-1}\varphi\right)\right] + \lambda_1 \frac{d^{n-1}}{d\rho^{n-1}}\left[\rho^{n-\frac{p}{2}}\frac{d^{n-1}}{d\rho^{n-1}}\left(\rho^{\frac{p}{2}-1}\varphi\right)\right] + \dots + \lambda_n \varphi = 0, \tag{7}$$

équivalente à la suivante

$$\Delta^n \varphi + \lambda_1 \Delta^{n-1}\varphi + \dots + \lambda_n \varphi = 0$$

qui n'est autre chose que (1).

L'équation (5) montre que les α_i, donc les λ_i sont réels.

Réciproquement *si la fonction u, dérivable en tout point de* D, *satisfait à la relation* (6), *alors elle est une solution de* (1).

Plus généralement encore, *si la moyenne superficielle de la fonction u est donnée par une relation de la forme*

$$\mu = \varphi_0(\rho)v_0 + \varphi_1(\rho)v_1 + \dots + \varphi_{n-1}(\rho)v_{n-1},$$

alors u est n-métaharmonique dans D *et l'on a*

$$\frac{v_i}{\Delta^i u} = \text{const.}, \quad \frac{\varphi_i(\rho)}{\Phi_i(\rho)} = \text{const.}$$

2. On démontre encore, moyennant un théorème de M. D. Pompeiu [*Sur une propriété intégrable des fonctions de deux variables réelles* (*Acad. royale de Belgique : Bull. de la Classe des Sc.*, 5e série, 15, p. 265-269)], étendu à l'espace à p dimensions par M. M. Nicolesco ([1]), que :

Si la fonction $u(P)$ *est n-métaharmonique dans un domaine* D *et si elle peut être prolongée en dehors de* D, *le prolongement est unique.*

3. Soient $\mu^1, \mu^2, \ldots, \mu^{n-1}$ les moyennes successives de la fonction u, prises sur l'hypersphère de centre P et de rayon R, définies par la relation

$$\mu_i = \frac{p}{R^p}\int_0^R \mu_{i-1}(P_1, R)R^{p-1}\,dR.$$

Posons de même

$$\Phi_k^i = \frac{p}{R^p}\int_0^R \Phi_k^{i-1} R^{p-1}\,dR, \qquad \Phi_k^1 = \frac{p}{R^p}\int_0^R \Phi_k R^{p-1}\,dR.$$

On a alors la relation

$$(8)\qquad \begin{vmatrix} \Phi_0 & \Phi_1 & \ldots & \Phi_{n-1} \\ \Phi_0^1 & \Phi_1^1 & \ldots & \Phi_{n-1}^1 \\ \Phi_0^2 & \Phi_1^2 & \ldots & \ldots \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \Phi_0^{n-1} & \Phi_1^{n-1} & \ldots & \Phi_{n-1}^{n-1} \end{vmatrix} M(P) = \begin{vmatrix} \mu & \Phi_1 & \Phi_2 & \ldots & \Phi_{n-1} \\ \mu^1 & \Phi_1^1 & \ldots & \ldots & \Phi_{n-1}^1 \\ \mu^2 & \Phi_1^2 & \ldots & \ldots & \ldots \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \mu^{n-1} & \Phi_1^{n-1} & \ldots & \ldots & \Phi_{n-1}^{n-1} \end{vmatrix}$$

et encore autres $(n-1)$ analogues, qui expriment respectivement les $(n-1)$ premiers laplaciens de la fonction $\mu(P)$ à l'aide des premières n moyennes successives de la fonction u.

4. La réciproque est encore vraie : *si une fonction* $u(P)$, *sommable dans* D, *satisfait à la relation* (8), *quels que soient le point* P *et le rayon* R, *pourvu que l'hypersphère de centre* P *et de rayon* R *soit contenue dans* D, *alors la fonction* $\mu(P)$ *est n-métaharmonique dans* D.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude du système* $PO^4H^3, Ba(OH)^2, CO^2, H^2O$. Note ([2]) de M. **René Pallu**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Pour étudier l'action de l'acide carbonique sur les phosphates de baryte, je suis parti d'une solution de baryte 0,248 N et d'une solution phosphorique de même titre, dont j'ai réalisé différents mélanges tels que le volume

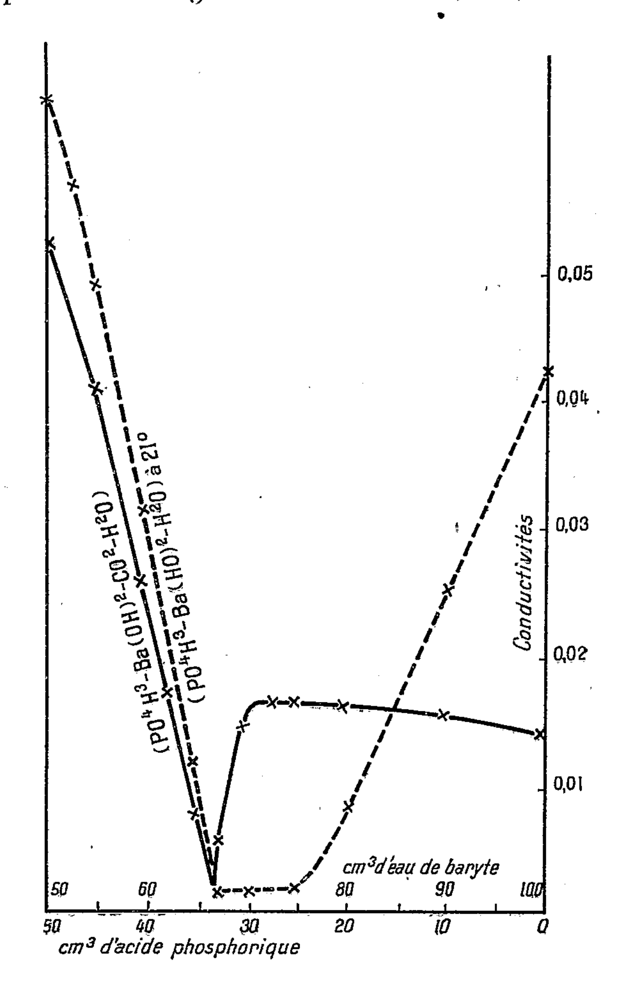
([1]) *Rendiconti Lincei* (*loc. cit.*).

([2]) Séance du 6 juillet 1931.

total fut toujours de 100^{cm^3}; puis dans ces mélanges j'ai fait barboter du gaz carbonique jusqu'à établissement de l'équilibre (environ un mois).

J'ai mesuré la conductibilité des liqueurs à 17° et j'en ai fait l'analyse ainsi que celle du précipité.

La courbe des conductibilités reproduite ci-après présente un point anguleux très net pour le mélange $PO^4H^3 = 33^{cm^3},3$, $Ba(OH)^2 = 66^{cm^3},6$ cor-



respondant à la composition du phosphate dibarytique. La présence du phosphate tribarytique n'est pas indiquée.

Par contre, dans le cas de la neutralisation de l'acide phosphorique par l'eau de baryte en l'absence d'acide carbonique, j'ai trouvé deux points très nets correspondant aux phosphates dibarytique et tribarytique par électrotitrimétrie, par conduc-

tibilité (courbe en pointillés) et par la méthode des miscibilités avec le phénol (¹) après une agitation énergique de trois heures qui m'a permis d'atteindre l'équilibre (²).

L'analyse de la phase solide en équilibre avec les diverses phases liquides a montré que le précipité est constitué par du phosphate dibarytique pour les mélanges correspondant à la neutralisation de la deuxième fonction de l'acide phosphorique.

Pour les mélanges plus basiques on trouve des proportions croissantes de carbonate de baryum allant jusqu'à 70,8 pour 100 du poids du précipité. Ce phosphate dibarytique se présente en petits cristaux transparents orthorhombiques, il cristallise anhydre.

Le phosphate tribarytique est donc entièrement décomposé par l'eau saturée de gaz carbonique à la pression et température ordinaire comme l'avait annoncé Barillé (³) au cours de ses expériences sur la solubilité des phosphates dans l'eau carbonique sous pression.

Les résultats des analyses de la phase liquide en équilibre avec les différents précipités sont consignés dans le tableau suivant :

Analyse des solutions.

Mélanges.					
Acide.	Base.	BaO pour 100.	P^2O^5 pour 100.	CO^2 pour 100.	$R = \frac{P^2O^5}{BaO}$.
50	50	0,833	0,810	0,187	1,04
45	55	0,531	0,544	0,178	1,1
40	60	0,327	0,327	0,171	1,07
37,5	62,5	0,212	0,208	0,176	1,05
35	65	0,086	0,089	0,191	1,06
32,5	67,5	0,052	0,016	0,202	0,31
30	70	0,147	0,010	0,251	
27,5	72,5	0,182	0,008	0,260	
25	75	0,164	0,012	0,250	
20	80	0,163	0,008	0,261	
10	90	0,166	0,010	0,278	

La solubilité du gaz carbonique est sensiblement constante au cours de la neutralisation de la deuxième fonction de l'acide phosphorique, elle croît ensuite avec la basicité. La proportion de P^2O^5 dissous oscille autour de 0,01 pour 100 en présence de la phase solide [PO^4HBa, CO^3Ba].

(¹) DUBRISAY, *Ann. Chim. phys.*, 17-18, 1922, p. 222.
(²) R. PALLU, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 942.
(³) BARILLÉ, *Thèse Pharm.*, Paris, 1900.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la trombe du 24 juillet 1930 dans le territoire de Treviso-Udine.* Note de MM. **Agostino Puppo** et **Pietro Longo.**

[Par suite d'une erreur d'impression cette Note a paru dans les *Comptes rendus* du 8 juin, page 1469, sous le seul nom de M. Agostino Puppo.]

BOTANIQUE. — *Sur le mode de formation des pigments anthocyaniques dans la fleur d'*Iris germanica. Note (1) de M. **A. Guilliermond**, présentée par M. Molliard.

Dans le bouton floral d'*Iris germanica* encore très jeune on ne trouve pas de pigments anthocyaniques : la croissance des sépales et des pétales paraît être surtout marginale et les cellules périphériques de ces pièces montrent encore de minuscules vacuoles filamenteuses, tandis que partout ailleurs le vacuome est déjà constitué par d'assez grosses vacuoles. Presque toutes les cellules montrent plus ou moins les réactions des composés phénoliques et la coloration jaune très marquée que prennent les diverses pièces florales au contact des alcalis indique la présence d'oxyflavonole. Par contre on ne rencontre jamais de tanins. A un stade ultérieur on voit apparaître, sur l'épiderme de la face supérieure des sépales et des pétales, les veinules brunâtres qui suivent le trajet des nervures et sur le milieu de la même face des sépales une ligne saillante qui marque le début des poils jaunes. Le limbe des sépales et des pétales prend plus tard sa coloration violette et ce n'est qu'en dernier lieu qu'apparaît le pigment violet des stigmates.

Les cellules épidermiques qui forment les veinules des sépales et des pétales, au début de leur pigmentation, montrent un pigment rouge vineux très pâle, dans des vacuoles assez grosses. Ces cellules deviennent ensuite le siège d'une active élaboration de pigment qui est accompagné d'une modification de leurs vacuoles : celles-ci se fragmentent en nombreuses et petites vacuoles d'aspect filamenteux ou réticulaire, qui renferment un pigment de couleur rouge très accentué. Ces vacuoles se gonflent ensuite et se fusionnent entre elles pour ne plus constituer dans chaque cellule qu'une énorme vacuole remplie de pigment. Les cellules de l'extrémité des poils des sépales offrent, en même temps qu'un pigment xanthophyllien, un pigment oxyfla-

(1) Séance du 29 juin 1931.

vonique : ce dernier, de couleur assez marquée, prend naissance d'abord dans des vacuoles filamenteuses. Le pigment violet du limbe des sépales et des pétales apparaît, dans les parties marginales, dans de petites vacuoles filamenteuses, tandis que dans toutes les autres cellules, il se forme dans des vacuoles déjà assez grosses. Toutes les cellules des pièces florales qui restent blanches, en particulier les étamines, renferment des oxyflavonols de couleur trop faible pour être perceptible, mais dont l'existence est révélée par la réaction très nette qu'ils donnent avec les alcalis.

Dans les stigmates le pigment apparaît dans des cellules pourvues déjà d'une seule grosse vacuole et prend naissance dans un corps sphérique, volumineux, intravacuolaire : celui-ci existe dans toutes les cellules; d'abord incolore, il reste tel dans les parties marginales qui ne forment pas de pigment, tandis que dans toutes les autres régions, il prend une teinte violette, d'abord très pâle qui devient peu à peu très accentuée. Plus tard, le suc vacuolaire lui-même se teinte en violet diffus. Des corps semblables se rencontrent également, au nombre de 1 par cellule, dans l'épiderme des étamines : ceux-ci restent incolores dans l'anthère; au contraire, dans le filet, ils prennent, mais seulement après l'ouverture de la fleur, une teinte violette à peine marquée. Les mêmes corps se retrouvent également dans l'épiderme des deux faces de l'onglet des sépales et des pétales, ainsi que dans les poils des sépales. Dans les parties blanches, ils restent incolores ou se teintent en rouge pâle dans les cellules avoisinant les veinules, tandis que dans les veinules elles-mêmes, ils deviennent brun foncé; mais en même temps dans les cellules des veinules, on voit se former d'autres corps bruns de même nature, de dimensions variées, en sorte que la grosse vacuole des cellules plus âgées renferme un grand nombre de corps bruns dont les plus petits sont animés de mouvements browniens. Dans les poils des sépales, ces corps se teintent faiblement en jaune.

Des corps analogues ont été décrits pour la première fois par Politis, dans diverses fleurs, sous le nom de *cyanoplastes* et considérés comme des plastes élaborateurs d'anthocyane, présentant les réactions des tanins, qui, d'abord dans le cytoplasme, y formeraient le pigment, puis émigreraient dans la vacuole où ils se dissoudraient. Plus récemment, Lipmaa a signalé dans les fleurs d'*Erythræa*, sous le nom d'*anthocyanophores*, des formations semblables qu'il tient pour des boules de mucilage formées dans la vacuole et qui adsorberaient le tanin.

Nous avons suivi l'origine de ces corps : ceux-ci apparaissent dans les stades les plus jeunes, au sein d'une vacuole filamenteuse, sous forme d'un

petit grain, de 1^{μ} environ. Ce grain grossit peu à peu jusqu'à égaler le volume du noyau et dans la grosse vacuole qui succède au vacuome filamenteux, il apparaît comme un corps possédant la réfringence d'un globule oléagineux. Dans les cellules qui forment de l'anthocyane, ce corps peut, selon les cellules, se pigmenter en même temps que le suc vacuolaire ou avant celui-ci ou rester seul coloré. Enfin, dans les cellules des vésicules, d'autres corps semblables peuvent apparaître, directement colorés, au cours du développement des vacuoles. Ces corps subsistent jusqu'à l'ouverture de la fleur, puis ils finissent par se résoudre en petits grains et se dissoudre dans le suc vacuolaire.

Ces corps n'ont pas de biréfringence et paraissent constitués par une substance visqueuse, facile à déformer. Quand ils ne sont pas pigmentés, ils se colorent vitalement par le rouge neutre et le bleu de crésyl en montrant une réaction acide. Le colorant peut provoquer dans la vacuole l'apparition d'autres corps semblables. La plasmolyse d'ailleurs permet d'obtenir une grande quantité de ces corps dans des cellules qui n'en ont qu'un seul. Les corps se dissolvent instantanément dans les alcalis même très dilués, l'alcool, le formol et les acides. Ils sont insolubles dans l'éther, le chloroforme, la benzine et l'eau bouillante. Le réactif de Millon les dissout après leur avoir donné une teinte rose, mais ils n'offrent par ailleurs aucune des réactions des protéides. Ils n'ont pas davantage les réactions des mucilages, ni des lipoïdes. Par contre, ils présentent plus ou moins les caractères de composés phénoliques : ils prennent une teinte grise avec l'acide osmique qui les dissout peu à peu; le perchlorure de fer leur donne aussi une couleur grise; la liqueur de Courtonne les colore en vert ou en jaune selon qu'ils sont pigmentés ou non. Le bichromate de potassium ne les jaunit pas. Tous les fixateurs les dissolvent, sauf la méthode de Regnaud qui permet de les colorer par l'hématoxyline ferrique; les réactions ne permettent pas de se prononcer sur la nature de ces corps qui semble résulter de la précipitation d'une substance colloïdale à l'état de pseudosolution dans la vacuole et qui, une fois précipitée, adsorberait les pigments.

Ainsi les pigments anthocyaniques de la fleur d'*I. germanica* sont précédés de la production d'oxyflavonols : ceux-ci, au cours du développement de la fleur, peuvent selon les cellules, ou bien rester à l'état d'oxyflavonols ou se transformer en pigments anthocyaniques. Il semble cependant que dans les vésicules brunes, le pigment s'édifie en partie de toutes pièces. Enfin les oxyflavonols et les pigments anthocyaniques peuvent être absorbés par des corps colloïdaux de nature inconnue.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Soufre et croissance.* Note[1] de MM. Léon Binet et J. Magrou, présentée par M. F. Mesnil.

La teneur élevée en glutathion des tissus en période de prolifération [2] nous a conduits à rechercher l'influence exercée sur la croissance par divers composés du soufre. Nous rapporterons dans cette Note les résultats que nous avons obtenus avec l'hyposulfite de soude, en soulignant son pouvoir activant sur la croissance du Cresson alénois et sur la métamorphose du têtard.

I. *Action de l'hyposulfite de soude sur la croissance du Cresson alénois :*

Des graines de Cresson alénois (*Lepidium sativum*) ont été semées à raison de 5g de graines par lot, sur des plaques de coton hydrophile imbibées de 150cm³ d'eau de source pure ou contenant de l'hyposulfite de soude aux concentrations de 1 pour 1000, 5 pour 1000, 10 pour 1000 et 100 pour 1000. Le développement a été nul à la concentration de 100 pour 1000, insignifiant à 10 pour 1000, moindre que chez les témoins à 5 pour 1000. Par contre, les graines semées sur la solution à 1 pour 1000 ont donné un gazon plus élevé que celui des témoins. L'expérience a été reprise dans les mêmes conditions, à cela près que les concentrations d'hyposulfite éprouvées furent de 0,5, 1 et 2 pour 1000. Ici encore, la croissance des plantes cultivées sur la solution à 1 pour 1000 a été sensiblement plus intense que celle des témoins (*fig.* 1) : le poids d'un lot ainsi traité,

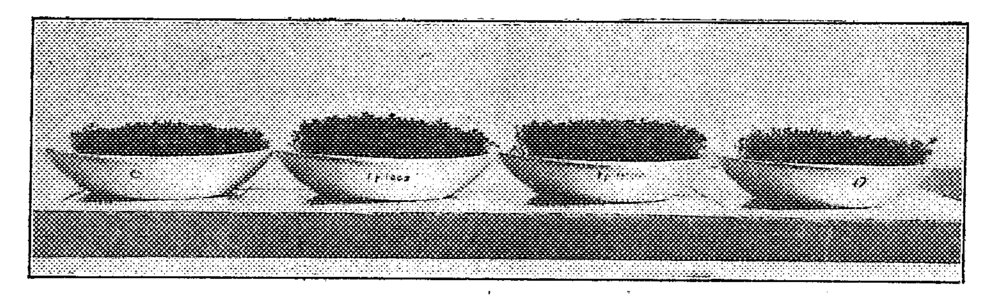


Fig. 1. — Semis de Cresson alénois avec ou sans addition d'hyposulfite de soude (1g pour 1000 d'eau). Les deux lots traités sont encadrés par les témoins.

récolté huit jours après le semis, était de 49g,50 alors qu'un des lots témoins de même âge ne pesait que 36g. La longueur la plus fréquente des plantules d'un des lots traités (mesurée du collet à l'extrémité des feuilles) était de 55mm, alors qu'elle n'était que de 45mm chez l'un des témoins. La concentation de 1 pour 1000 paraît réaliser l'optimum.

Des graines de Pois (*Pisum sativum*) et de Lentille (*Ervum lens*) ont donné sur la

(1) Séance du 6 juillet 1931.
(2) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1415.

solution d'hyposulfite à 1 pour 1000 un développement sensiblement égal à celui des témoins, un développement moindre sur les solutions plus concentrées.

II. *Action de l'hyposulfite de soude sur l'évolution des têtards* (Rana temporaria). — Nous avons suivi, en collaboration avec A. Arnaudet, la métamorphose de têtards (de même origine) et divisés en divers lots; les uns témoins, placés dans de l'eau de Seine, les autres vivant dans la même

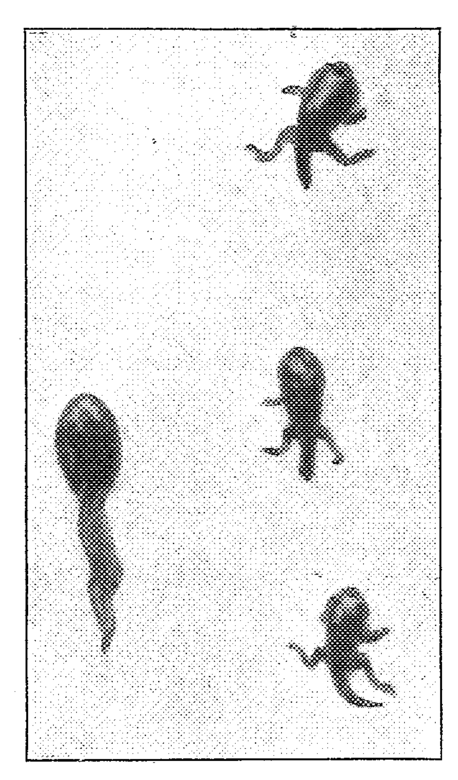


Fig. 2. — Métamorphose de têtards soumis à l'action de l'hyposulfite de soude (1^g pour 1000) par comparaison avec un témoin placé à gauche de la figure.

eau additionnée d'hyposulfite de soude (1^g, 2^g pour 1000). Tous étaient nourris avec de la salade.

Les têtards, soumis à l'hyposulfite de soude, se métamorphosent beaucoup plus vite que les témoins; l'apparition progressive des pattes, la régression de la queue sont beaucoup plus précoces chez les animaux traités.

Ainsi, dans une expérience commencée le 27 mai, on note, le 5 juin, que, dans le lot témoin, un têtard sur huit seulement a des pattes naissantes,

alors que les huit animaux, traités avec 2 pour 1000 d'hyposulfite de soude, ont tous les pattes postérieures très développées. Le 9 juin, la métamorphose de ces derniers animaux est avancée (quatre pattes et queue en période de régression); les témoins les plus avancés n'ont que les deux pattes postérieures. Dans une autre expérience, six jours après le début de la mise en observation, sur huit têtards témoins, deux ont des pattes naissantes alors que, chez les huit traités par l'hyposulfite de soude à 1g pour 1000, un seul n'en a pas. L'expérience la plus démonstrative nous a donné en quatre jours, avec une concentration de 1 pour 1000 en hyposulfite de soude, des animaux bien métamorphosés alors que les témoins ne s'étaient pas développés (*fig.* 2).

Le pouvoir activant de l'hyposulfite de soude sur la croissance nous paraît bien démontré dans les cas du Cresson et du têtard.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *La répartition du gallium dans l'organisme.* Note [1] de MM. **C. Levaditi, J. Bardet, A. Tchakirian** et **A. Vaisman**, présentée par M. G. Urbain.

Nos recherches récentes [2] sur l'action thérapeutique du gallium dans certaines trypanosomiases et la syphilis expérimentale du lapin nous ont conduit à étudier la répartition de cet élément dans l'organisme.

Technique. — Le sang et les tissus desséchés à 110° sont incinérés, les cendres lavées à l'eau distillée et calcinées une seconde fois. Ces cendres sont examinées d'une part au spectrographe, d'autre part chimiquement.

Pour la recherche spectrographique nous avons employé la méthode des spectres d'arc. La teneur des divers tissus en gallium a été déterminée approximativement d'après les intensités absolues des raies dans les spectrogrammes. Ceux-ci ont été lus entre 2500 Å et 3500 Å. Les raies les plus persistantes dans cette zone sont λ 2874,2 et λ 2943,7.

Les sels de gallium étant tous incolores, il nous a été impossible d'utiliser une méthode colométrique. Nous nous sommes servis cependant de la réaction de Ligor et Faillebin [3], utilisée pour divers autres cations. Le gallium, même à la dose de 1.10^{-5} gr., donne avec la résorcine et l'ammo-

[1] Séance du 6 juillet 1931.

[2] Levaditi, Bardet, Tchakirian et Vaisman, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1179.

[3] Ligor et Faillebin, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1679.

niaque, une coloration bleue-violette. L'intensité de la coloration dépend de la quantité de résorcine présente, et non pas de celle du gallium. Toutefois, pour une même quantité de réactif, la vitesse de l'apparition de la coloration est en rapport avec la quantité de gallium présent, ce qui permet une évaluation quantitative. Cette réaction a été employée pour la recherche du gallium dans les solutions chlorhydriques des cendres.

Résultats. — Six lapins ont reçu du tartrate de gallium, soit par voie intramusculaire, soit par voie intraveineuse, à des doses variant de $0^{g},015$ à $0^{g},06$ pour 1000. Ils sont morts ou ont été sacrifiés du troisième au soixante-neuvième jour.

Dose par kg.	Temps.	Répartition du gallium.
g 0,06	sac. 3 jours	rein > foie = sang, rate 0, cerveau 0
0,045	mort 3 jours	rein > muscle (injection intramusculaire)
0,03	sac. 3 jours	rein > foie = sang > rate, cerveau 0
0,03	mort 12 jours	foie + sang 0, rein 0, rate 0, cerveau 0
0,03	mort 14 jours	rein > foie > rate > sang > *cerveau*
0,015	sac. 69 jours	foie > sang > rein > rate, cerveau 0

Ces résultats montrent ce qui suit :

1° Le gallium persiste dans l'organisme au moins pendant 69 jours après l'injection;

2° Chez trois animaux examinés le troisième jour, et chez un quatrième, mort le quatorzième jour, le rein s'est montré le plus riche en gallium;

3° Chaque fois que l'examen a été pratiqué, le foie contenait des quantités appréciables de gallium;

4° Ce métal a été présent dans le sang circulant chez quatre des sujets soumis à l'analyse;

5° Sur quatre examens de cerveau pratiqués, un seul a révélé la présence de traces de métal dans ce tissu (1).

Il résulte de ces données que le gallium se comporte comme le bismuth, le tellure, le mercure et d'autres métaux en ce qui concerne son accumulation dans le rein. La présence du gallium dans l'urine d'un sujet humain soumis au traitement par le tartrate de gallium, est en rapport avec cette concentration dans le filtre rénal. Il semble, par ailleurs, que le foie soit un

(1) Les analyses concernant un *Macacus rhesus* ayant reçu $0^{g},127$ Ga pour 1000 et mort le trente-troisième jour, ont révélé la présence de cet élément dans le foie, la rate, le rein, le sang et le *cerveau*.

réservoir de gallium, lequel peut être présent également dans le sang et aussi, quoique très rarement, dans le cerveau.

CONCLUSION. — *Du point de vue de sa répartition dans le sang et les tissus, le gallium se comporte comme le bismuth, le tellure et le mercure.*

MÉDECINE. — *Action remarquable de la d'Arsonvalisation diathermique à distance.* Note (1) de M. **Bordier**, présentée par M. d'Arsonval.

On connaît les effets très favorables des courants de haute fréquence à ondes entretenues ou peu amorties sur les plaies atones, comme les radiothermites ulcéreuses, les ulcères variqueux, etc. Dans tous ces cas c'est le passage du courant de haute fréquence à travers les tissus ulcérés, sans qu'aucune électrode ne soit en contact direct avec le placard, qui, produisant une meilleure nutrition de ces tissus, aboutit à la guérison des plaies atones.

C'est en partant de ces données physiologiques que j'ai eu l'idée de faire agir le courant de diathermie dans un cas d'*obstruction complète de l'œsophage* chez un homme qui, par mégarde, avait absorbé une solution de potasse caustique. Voici ce que m'écrivait le chirurgien qui m'adressa ce malade : « Les premiers soins ont été donnés par un confrère; je n'ai été appelé à l'examiner et à le soigner que 25 jours environ après l'accident, c'est-à-dire lorsque l'œsophage était devenu totalement imperméable, même aux liquides. Avec le confrère spécialiste en O. R. L., nous avons essayé, mais en vain, de passer des sondes œsophagiennes sous le contrôle radioscopique; elles s'arrêtaient à quelques centimètres au-dessus du cardia. Une gastrotomie a été pratiquée par moi d'urgence. Le blessé est actuellement bien remonté et je lui ai conseillé d'aller vous voir pour tenter de nouvelles dilatations. Essayez, s'il y a lieu, de l'électrolyse ou toute autre intervention que vous jugerez nécessaire. »

Le malade s'alimentait exclusivement par la sonde stomacale avec 2 ou 3 litres de lait par 24 heures.

C'est le 8 décembre 1930 que le blessé fut examiné par moi à la radioscopie pendant qu'il s'efforçait d'avaler de la crème barytique : on constata alors que cette crème opaque, une fois déglutie, s'arrêtait en effet à 2^{cm} du cardia; en outre l'ombre était, sur tout le trajet de l'œsophage, d'une largeur nettement plus petite que sur un sujet normal.

(1) Séance du 29 juin 1931.

Le traitement consista à appliquer la d'Arsonvalisation diathermique à l'aide de deux électrodes en étain, l'une en avant, l'autre en arrière; elles étaient placées de façon que les lignes de flux du courant traversent la région où siégeait l'obstruction œsophagienne. On sait que l'effet diathermique maximum dans ces conditions se fait sentir à peu près à égale distance des deux électrodes (1).

La durée des applications était de 20 minutes et l'intensité variait entre 1000 et 1500 milliampères.

Le courant était débité par mon trio-diathermique à ondes entretenues.

Après quatre jours, le 12 décembre, on présenta au malade un verre d'eau dont il but une gorgée : il s'aperçut que l'eau avait passé et avala d'un trait tout le verre. A partir de ce moment le malade commença à s'alimenter, en plus du lait versé par la sonde stomacale, en absorbant du lait sucré, du lait battu avec des œufs, du café au lait, etc.

Cette rapide amélioration due à la d'Arsonvalisation diathermique est certainement le résultat de l'hypérémie et de l'échauffement diathermique qui ont modifié, en peu de jours, les tissus lésés par la potasse ; comme dans les plaies atones, la nutrition de la région obstruée n'a pas tardé à devenir plus active et à favoriser la résorption de l'escarre produite sur la muqueuse œsophagienne.

Un deuxième examen radioscopique montra que l'œsophage était devenu perméable à la crème opaque : celle-ci passait maintenant au niveau de la région avec un diamètre aussi grand que celui des parties plus haut situées.

Quelque temps après son retour chez lui, ce malade a vu son état général s'améliorer sensiblement; son poids avait augmenté de 9^{kg} deux mois après le traitement. Son chirurgien a toutefois jugé prudent de laisser encore le malade s'alimenter par la sonde stomacale, tout en ingérant des aliments liquides.

La séance est levée à 16^{h}.

A. Lx.

---

(1) Voir mes expériences décrites dans *Diathermie et Diathermothérapie*, 6e édition, p. 96.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 JUILLET 1931.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS DE LAUNAY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Compte rendu de l'Assemblée générale de l'Union radio-scientifique internationale tenue à Copenhague du 27 mai au 6 juin* 1931. Note (¹) de M. G. **Ferrié**.

L'Assemblée générale de Copenhague a été fertile en résultats importants pour les progrès de la science et de la technique radioélectrique.

On peut attribuer en partie ce succès à la qualité des savants et des techniciens que cette assemblée a réunis : parmi eux se trouvaient en effet plusieurs savants ayant pris part aux travaux les plus marquants de ces dernières années et des représentants notoires des laboratoires nationaux allemands (²), américains, anglais, danois, français, hollandais, italiens et japonais. Mais il faut aussi tenir compte de l'importance considérable qu'ont pris les problèmes posés par les exigences de l'industrie radioélectrique et par le développement naturel des questions scientifiques qu'elle a engendrées. Il suffit de citer, entre autres, la propagation des ondes autour de la terre, les perturbations atmosphériques, la mesure rigoureuse des fréquences, les phénomènes électroniques dans les lampes, pour mettre en évidence quelques-uns des problèmes de science pure mis en cause : constitution de la haute atmosphère, état et causes de son ionisation, phénomènes

(¹) Séance du 15 juillet 1931.

(²) M. Wagner, directeur de l'Institut Henri Hertz, avait été invité à assister à la réunion et a pris une part importante aux discussions.

électriques dont elle est le siège, analyse de la valeur de l'unité de temps et de la précision avec laquelle on peut la connaître, mouvement des électrons dans des champs complexes, phénomènes browniens de l'électricité, etc.

Dès son origine l'Union a constitué quatre Commissions qui s'occupent respectivement des mesures, de la propagation, des perturbations atmosphériques et de la liaison avec les organisations relatives à des sciences connexes. Depuis, lors de l'Assemblée générale de Washington en 1927, elle a formé une cinquième Commission, dite de Radiophysique, qui étudie les questions d'ordre purement physique ou mathématique.

Bien entendu, la tâche la plus importante des commissions consiste dans l'étude et la préparation des travaux qui nécessitent une coopération internationale tels que l'analyse des différentes méthodes de mesures et des résultats de leur application d'une part, l'organisation des expériences ou observations simultanées sur toute la surface du globe d'autre part.

La *Commission des mesures* s'est préoccupée d'assurer un contrôle périodique des mesures absolues de fréquence par les différents laboratoires : à cet effet des émissions, contrôlées directement par ces derniers, seront faites dans les pays auxquels ils appartiennent et leurs fréquences seront simultanément mesurées dans les autres pays. En outre des étalons secondaires, constitués par des émetteurs portatifs à quartz, seront de temps à autre transportés d'un laboratoire à un autre, aux fins de mesures comparatives. Une Sous-Commission permanente composée des personnes intéressées à ces mesures prendra soin de l'organisation de ces travaux et de la concentration des résultats.

D'autre part les membres anglais de la Commission des mesures sont chargés de grouper tous les renseignements voulus sur les méthodes employées pour la mesure du champ des émissions et d'en faire un exposé critique qui sera soumis aux comités nationaux, pour discussion.

La *Commission de propagation* a décidé, sur l'initiative du comité français, l'organisation de mesures hebdomadaires de la hauteur et de l'ionisation de la couche ionisée de la haute atmosphère : ces mesures régulières commenceront prochainement dans huit stations dont six sont en Europe, une aux États-Unis et une autre en Chine.

Une Sous-Commission permanente examinera ces résultats et s'occupera de rechercher les liens qui peuvent les unir aux recherches et aux théories élaborées dans d'autres domaines scientifiques : géophysique, astrophysique, etc.

Enfin le comité français est chargé de grouper et de dépouiller pendant

une année, à titre d'essai, les renseignements qualitatifs que pourront lui fournir l'administration des P. T. T. et les compagnies de radio-communications, sur la propagation des ondes appréciée d'après les facilités de communication. Si cette méthode donne des résultats intéressants, elle pourra être généralisée.

La *Commission des atmosphériques* a, de son côté, décidé l'organisation d'enregistrements périodiques de l'intensité des atmosphériques, de leur direction, de leur forme et de leur densité dans le temps. Les méthodes actuellement en usage ont fait l'objet de longues discussions en vue d'éclaircir dans la mesure du possible la nature exacte des éléments mesurés et la capacité des appareils employés à traduire exactement les caractéristiques de ces éléments. Un accord général est intervenu sur le choix des méthodes.

La *Commission de liaison* a entériné les propositions françaises relatives au code de rédaction abrégée des *Ursigrammes :* on désigne par là des télégrammes radiodiffusés chaque jour par des stations françaises et américaines et donnant tous les renseignements intéressant le magnétisme terrestre, l'électricité atmosphérique et l'activité solaire. Dès que les mesures régulières de la hauteur de la couche KH seront organisées, leurs résultats seront joints aux ursigrammes; il en sera de même de renseignements détaillés sur les aurores boréales dont une observation permanente est en voie d'organisation dans l'Alaska, au voisinage du cercle polaire.

Au cours d'une discussion sur les analogies que présente la propagation des ondes électromagnétiques avec celle des ondes sonores dans l'atmosphère, la Commission a envisagé la possibilité de profiter des expériences d'explosions artificielles pour faire exécuter des expériences simultanées de transmissions radioélectriques.

Elle a enfin exprimé le vœu que l'on profite de l'opération internationale des Longitudes de 1933 pour utiliser les moyens mis en œuvre à ce moment à des fins radioélectriques.

La *Commission de radiophysique* a un rôle différent de celui des précédentes commissions; elle n'a ni vœux à émettre, ni expériences internationales à organiser, mais elle se préoccupe de réunir une documentation complète et précise sur les questions en pleine évolution, au sujet desquelles les opinions sont encore divergentes : elle se propose d'examiner et de discuter ces sujets. Ceux qu'elle a choisis pour la période qui nous sépare de la prochaine assemblée générale sont les suivants : Étude au laboratoire des gaz ionisés en ce qui concerne la haute fréquence, étude de la nature

des radiations solaires et de la composition de la haute atmosphère, génération des ondes entretenues de l'ordre de 10^{cm} et au-dessous.

L'ensemble des commissions a étudié les travaux projetés pour *l'année polaire* 1932-1933. La collaboration à ces travaux a été longuement discutée et une commission temporaire a été désignée pour la mise au point du programme établi.

Ce bref exposé permet d'apprécier l'importance du travail de l'Union. Au même titre que la géophysique et l'astrophysique, la radioélectricité a pour champ d'expériences la terre tout entière et peut-être même les espaces célestes où certaines théories placent le siège des échos retardés si curieux, observés dans ces dernières années; une collaboration internationale est donc, au premier chef, indispensable à la réussite de ses recherches.

L'activité de ses comités nationaux, les résultats déjà obtenus par leurs liaisons entre eux et avec les comités d'autres Unions sont un sûr garant de l'avenir et les efforts faits en vue d'accroître ses moyens d'action seront parmi les plus utiles au progrès de la science.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur une mutation de la Giroflée des murailles* (Cheiranthus Cheiri *L.*) *par avortement des étamines.* Note (1) de M. L. **Blaringhem.**

Dans la descendance d'une Giroflée des murailles (*Cheiranthus Cheiri* L.) vivace, provenant des talus schisteux de la Baumette près Angers (Maine-et-Loire) et cultivée en générations bisannuelles depuis 1925 (trois générations) à la station Berthelot, Bellevue (Seine-et-Oise), j'ai obtenu, en mars 1930, un individu à fleurs femelles par réduction des étamines à l'état de petites protubérances inaptes à fournir du pollen. Cette anomalie doit être très rare; elle n'a pas été signalée jusqu'ici à ma connaissance dans le genre *Cheiranthus*, ni dans les genres voisins *Barbarea*, *Cardamine*, *Erysimum* etc., ni chez les Giroflées quarantaines et leurs prototypes sauvages (*Matthiola*). L'état femelle de ma Giroflée ne peut d'autre part être confondu, comme on va le voir, avec la *Cheiranthus Cheiri* var. *gynantherus*, connue depuis des siècles, où les étamines sont métamorphosées en carpelles doublant l'ovaire normal.

La Giroflée femelle est apparue brusquement au milieu d'une trentaine

(1) Séance du 15 juillet 1931.

de plantes de même origine, toutes normales; c'est une mutation portant sur l'avortement complet du sexe mâle, encore très peu fertile et instable malgré les fécondations artificielles et tous ses descendants ayant fleuri à cette date, au nombre de dix, n'ont eux aussi que des fleurs physiologiquement femelles, qui, après l'apport de pollen étranger, donnent des fruits très dissemblables et pourvus de rares graines. Les photographies déposées sur le bureau de l'Académie montrent deux de ces descendants, l'un à fleurs de Giroflées avec fruits allongés du même type, l'autre à fleurs complètement apétales, à très petits boutons, d'où les stigmates font saillie, qui évoluent après pollinisation artificielle en fruits épais, trapus, à peine trois fois plus longs que larges. Entre ces extrêmes j'ai obtenu des plantes à fruits tétragones caractéristiques de l'espèce sauvage *Erysimum Cheiranthoïdes* L., d'autres minces, effilés dont il a été très difficile d'obtenir des graines malgré l'apport journalier de bons pollens prélevés sur les plantes type Baumette, ou sur diverses Giroflées cultivées, ou sur des Velars (*Erysimum*) sauvages ou cultivés.

La Giroflée femelle provient d'un semis fait en août 1929, suivi d'un repiquage fin octobre en pleine terre; elle se distingue dès le printemps suivant, parmi une trentaine de plantes de même lignée, par son port globuleux dû à la multiplication et à l'étalement des rameaux, par la longue durée d'épanouissement de ses grappes de fleurs serrées et petites, par l'avortement de nombreux fruits. Les boutons ne dépassent pas 8^{mm} (au lieu de 12^{mm} chez le type) lorsque les sépales verts, peu imbriqués, s'écartent pour laisser s'épanouir quatre pétales jaune pur, à onglets courts et à limbes arrondis, donnant une corolle étalée de 12^{mm} de diamètre (au lieu de 16^{mm} chez le type). Aux fleurs dont les pétales et les sépales se fanent sans tomber immédiatemeut succèdent des fruits, siliques vides pour la plupart, à valves épaisses, peu lignifiées dont la maturation est très lente, ne dépassant pas 30^{mm} de long, intermédiaires par leur aspect entre les siliques des Giroflées communes et celles de l'espèce sauvage *Erysimum Cheiranthoïdes* L.. Dans les 250 fleurs qui se sont épanouies après la découverte des caractères singuliers de la plante, je n'ai trouvé que des staminodes, réduits à des bourrelets peu saillants, au nombre de 4 ou 6 en 2 verticilles; rarement et seulement dans les fleurs les plus inférieures des grappes quelques-uns de ces bourrelets évoluèrent en petites lames verdâtres nacrées. Il n'a pas été possible de trouver aucun organe ressemblant à une anthère. C'est donc bien une mutante caractérisée par la disparition presque totale des étamines.

Avant que cette plante n'ait été remarquée, des fécondations croisées accidentelles furent suivies de l'allongement et surtout de la lignification normale de quelques fruits. J'ai pu récolter parmi 200 ovaires évolués en avril une soixantaine de fruits en apparence fertiles dont je récoltai en juillet 40 graines mûres. A la mi-avril j'isolai, en sacs parcheminés, une dizaine de grappes dont huit seulement furent pollinisées au début de mai avec différentes Giroflées et un *Erysimum*; les deux autres ne donnèrent aucune graine et leurs ovaires se desséchèrent prématurément. Les fécondations artificielles me fournirent en tout 48 graines, à savoir les grappes :

a_1, a_2, — 9 et 8 (17) fleurs pollinisées avec *Cheiranthus Cheiri* type Baumette, à fleurs jaune soufre, ont donné 12 fruits bien noués et seulement 5 graines, plutôt petites; j'ai utilisé le pollen des dernières fleurs disponibles qui était de médiocre qualité;

b_1, b_2, — 14 et 16 (30) fleurs pollinisées par une Giroflée horticole commune, à fleurs simples pourpre flammé de jaune, ont donné 10 et 9 fruits renfermant respectivement 11 et 6 graines;

c_1, c_2, — 10 et 8 (18) fleurs pollinisées par une Giroflée à fleurs simples, ocre jaune, ont donné 8 et 5 fruits renfermant 16 graines très petites;

d_1, — 15 fleurs pollinisées en trois fois par une Giroflée à fleurs doubles, pourpre et jaune, ont donné 11 fruits avec 4 graines petites;

e_1, — 14 fleurs pollinisées avec *Erysimum Cheiranthoïdes* L. ont fourni 5 beaux fruits avec 6 grosses graines.

L'obtention de plusieurs graines par fruit n'a été constatée que quatre fois : pour c_1, qui a donné 1 fois 3 graines, 1 fois deux graines; pour b_1, pour e_1, chacun 2 graines; au total 48 graines pour 60 fruits bien formés provenant de la fécondation artificielle de 94 fleurs. Or chaque fleur de la Giroflée femelle, si tous les ovules avaient été fécondés, aurait donné au moins 20 graines, soit près de 2000 graines pour l'ensemble; la fécondité de la plante femelle était donc réduite au cinquantième après la pollinisation artificielle en sacs; elle ne fut guère plus élevée pour les grappes laissées à l'air libre qui m'ont donné 70 bonnes graines pour environ 200 fleurs épanouies en mai, surveillées et pollinisées régulièrement de trois jours en trois jours.

Les graines récoltées dans les fruits formés avant la découverte de la mutante, au nombre d'une quarantaine, ont pu être récoltées mûres fin juillet et ont été semées le 12 août 1930 en terrine. La levée fut assez bonne; 27 plantules ont résisté difficilement à la mise en place définitive, 12 ont survécu dont 2 n'ont pas encore fleuri. Toutes les plantes qui ont fleuri sont femelles, montrant des degrés divers dans l'avortement des étamines et

même des pétales. Trois plantes sont du type Giroflée commune à pétales pourpre veiné d'ocre, deux sont intermédiaires entre la Giroflée grand-mère à fleurs jaune et l'*Erysimum Cheiranthoïdes* L. à fleurs jaune clair; ces plantes donnent des fleurs à staminodes bien développés mais stériles. Les cinq autres sont dépourvues de pétales apparents et la dissection des boutons a montré l'absence totale de staminodes, avec des rudiments de pétales roulés, recroquevillés, verts devenant jaunâtres à la lumière; trois de ces dernières, apétales, sont fertiles et l'une d'elles donna après la pollinisation artificielle des ovaires énormes, deux fois plus larges que ceux des parents et très courts ($7^{mm} \times 20^{mm}$ en moyenne); les ovaires fécondés de deux autres plantes apétales rappellent en plus épais ceux de l'*Erysimum Cheiranthoïdes*, mais se lignifient bien plus lentement; les ovaires des deux dernières apétales grêles, effilés, sont restés presque stériles, malgré des pollinisations journalières avec les pollens de très bonne qualité de divers *Cheiranthus* et *Erysimum*. Quant aux plantes du type Giroflée à pétales visibles, elles donnent de beaux fruits, du type Giroflée pour les trois premières, du type *Erysimum* pour les deux intermédiaires et ces fruits renferment quatre ou cinq bonnes graines chacun.

En résumé, dans la descendance d'une Giroflée des murailles (*Cheiranthus Cheiri*) vivace, spontanée, mais soumise depuis trois générations à la culture bisannuelle est apparue une Giroflée strictement femelle par avortement des deux verticilles d'étamines. La descendance de cette plante, presque stérile même après l'apport répété de pollens de divers *Cheiranthus* et *Erysimum*, réduite pour le moment à dix individus ayant fleuri, est strictement femelle mais montre des degrés dans l'avortement des étamines et des pétales. L'un des descendants, apétale, donne des fruits énormes qui sont à peine trois fois plus longs que larges et chaque descendant offre des particularités individuelles qui en font une nouveauté. La Giroflée femelle, mutante, souche d'une lignée femelle par avortement des étamines est donc le point de départ de formes qui n'ont pas encore été décrites jusqu'ici chez les Giroflées; cet exemple est d'autant plus intéressant à suivre qu'il montre, par l'altération de la fertilité, par les caractères intermédiaires des fleurs et des fruits, qu'il dérive probablement d'une hybridation accidentelle entre *Cheiranthus Cheiri* L. et *Erysimum Cheiranthoides* L., deux espèces, l'une spontanée, l'autre sauvage parfaitement définies.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la toxicité de l'aluminium, comparée à celle du fer, du nickel et d'autres métaux.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **P. Serbescu.**

L'emploi des ustensiles de cuisine en aluminium et celui des levains artificiels, dits levures chimiques ou *baking powders*, contenant de l'alun alumino-sodique, sont des causes d'introduction de l'aluminium dans l'organisme humain. Ces emplois se généralisent de plus en plus. Aussi n'est-il pas étonnant qu'on ait formulé à leur sujet, dans ces dernières années, des craintes d'actions nocives chroniques; on a même été jusqu'à prétendre que l'ingestion journalière de minimes quantités d'aluminium favorisaient le développement du cancer.

Nos connaissances actuelles ne nous permettent malheureusement pas de dire dans quelle mesure de telles craintes peuvent être soit infirmées, soit confirmées.

D'assez nombreux expérimentateurs ont bien étudié les effets de plusieurs combinaisons aluminiques sur les animaux de laboratoire et même déterminé, dans quelques cas, les doses léthales (1); mais il n'est pas possible de se rendre compte, d'après la publication de leurs résultats, de ce que pourraient produire chez l'homme les petites proportions d'aluminium introduites artificiellement dans les substances alimentaires.

Il nous a paru que l'on aurait déjà une première idée de la nocivité globale de l'aluminium pour l'organisme humain en mesurant la toxicité de cet élément, non par rapport à diverses espèces animales, mais comparativement à la toxicité d'autres métaux et, en particulier, de métaux d'usage courant, employés, comme le cuivre et le nickel, dans la fabrication des ustensiles de cuisine, ou souvent mis en contact, comme le fer et le zinc, avec des substances alimentaires.

La mesure de la toxicité est une mesure très contingente : non seulement elle varie beaucoup avec le mode d'administration, mais elle dépend encore,

(1) Voir notamment E. Smith (*Aluminium compounds in food*, New-York, 1928); E. Mac Collum, O. Rask et E. Becker (*J. Biol. Chem.*, 77, 1928, p. 753); V. Myers et J. Moll (*Ibid.*, 78, 1928, p. 605); V. Myers et D. Morrison (*Ibid.*, p. 615); F. Underhill, F. Peterman et A. Sperandeo (*Amer. J. Physiol.*, 90, 1929, p. 76); K. Mackensie (*Bioch. J.*, 24, 1930, p. 1433). On trouvera dans ces publications l'analyse des travaux antérieurs.

toutes choses égales d'ailleurs, du temps, compris entre le début de l'intoxication et le moment de la mort, considéré comme critérium.

Dans les expériences dont nous faisons connaître aujourd'hui les résultats, il a été injecté sous la peau de l'abdomen un même poids de chacun des métaux mis en comparaison et c'est la durée de la survie après l'injection qui a été prise comme mesure de la toxicité.

Les métaux ont été pesés à l'état de sulfates cristallisés, sauf le fer trivalent qui a été pris sous la forme de chlorure [1]. Ils ont été dissous à la concentration de 1^g dans 1 litre d'eau redistillée et injectés au cobaye; à la dose constante de 100^{mg} par kilogramme de poids vif. Les solutions ont été poussées loin sous la peau, de manière à éviter des pertes de liquide par le point d'entrée de l'aiguille, après l'injection. Enfin, pour compenser les différences de sensibilité entre les cobayes, nous avons effectué cinq fois l'expérience pour chaque métal.

Nous avons observé, au cours d'expériences préliminaires, que lorsqu'on utilise des doses fortes, supérieures à celle que nous avons choisie, la mort survient fréquemment avant l'absorption complète du liquide injecté; cela s'est même produit quelques fois avec la dose de 100^{mg} par kilogramme, dans le cas du cuivre. En conséquence, les animaux ont toujours été autopsiés aussitôt après la mort et lorsqu'il restait un peu de solution métallique au point d'inoculation, l'expérience était recommencée. Quand, au contraire, on utilise des doses inférieures, les différences individuelles s'accentuent, on ne peut plus prévoir, au moins approximativement, la durée de survie consécutive à l'injection et la surveillance des animaux jusqu'à l'heure de la mort devient difficile.

Voici, rassemblés d'après l'ordre de toxicité décroissante des métaux étudiés, les résultats que nous avons obtenus :

Métaux étudiés.		Sels utilisés.			Poids et sexe des cobayes.	Durées de survie.	
Noms.	Poids atomique.	Formules.	Poids moléc.	P. moléc. / P. atom.		individuelles.	moy.
Cuivre......	63,57	$SO^4Cu, 5H^2O$	250,25	3,94	300^g ♀	0.50^h	0.52^h
					292 ♂	0.58	
					297 ♂	1.00	
					280 ♂	0,47	
					329 ♂	0.44	

(1) En solution officinale dont le titre a été déterminé par un dosage de sesquioxyde de fer.

Métaux étudiés.		Sels utilisés.				Durées de survie.	
Noms.	Poids atomique.	Formules.	Poids moléc.	P. moléc. / P. atom.	Poids et sexe des cobayes.	individuelles.	moy.
					g	h	h
Nickel......	58,69	$SO^4Ni, 7H^2O$	281,62	4,80	290 ♀	0.50	1.00
					320 ♂	1.10	
					357 ♂	1.10	
					348 ♂	0.35	
					375 ♂	1.15	
Cadmium...	112,41	$SO^4Cd, 8H^2O$	352,59	3,14	672 ♀	1.36	1.19
					717 ♂	1.36	
					607 ♂	1.25	
					372 ♂	1.05	
					315 ♂	0.50	
Cobalt.......	58,94	$SO^4Co, 7H^2O$	281,87	4,78	320 ♂	1.51	2.17
					281 ♂	2.52	
					287 ♀	2.37	
					377 ♀	2.55	
					375 ♂	1.10	
Zinc.........	65,38	$SO^4Zn, 7H^2O$	288,31	4,41	405 ♂	3.00	3.01
					310 ♂	3.50	
					297 ♀	2.13	
					328 ♂	3.47	
					270 ♂	2.15	
Manganèse...	54,93	$SO^4Mn, 4H^2O$	223,49	4,07	302 ♀	16.15	7.14
					277 ♂	5.39	
					329 ♂	5.14	
					312 ♀	5.00	
					380 ♂	4,00	
Fer trivalent.	55,84	$FeCl^3$	162,22	2,90	312 ♀	5.20	7.51
					307 ♀	5.30	
					308 ♀	12.00	
					375 ♂	7.35	
					362 ♂	8.50	
Aluminium..	26,97	$(SO^4)^3Al^2, 18H^2O$	666,41	12,35	285 ♂	7.05	8.34
					342 ♀	7.50	
					342 ♀	10.47	
					310 ♀	10.48	
					277 ♂	6.20	
Fer bivalent.	55,84	$SO^4Fe, 7H^2O$	278.77	4,99	329 ♂	6.00	8.44
					372 ♀	9.00	
					302 ♀	5.26	
					296 ♂	12.00	
					297 ♂	5.00	
					282 ♂	6.15	

Nous avons obtenu les mêmes différences de toxicité entre le cuivre, le nickel et l'aluminium en opérant sur les lapins, aussi par injection sous-cutanée et à la dose de 100^{mg} par kilogramme de poids vif.

Noms des métaux étudiés.	Poids et sexe des lapins.	Survies individuelles.	Survies moyennes.
	g	h	h
Cuivre........................	2100 ♂	0.55	0.53
	2100 ♂	0.52	
	1650 ♀	0.55	
	2150 ♂	0.50	
Nickel........................	2350 ♀	1.40	1.11
	2360 ♂	2.05	
	2300 ♀	0.35	
	2700 ♂	1.00	
	1970 ♂	0.35	
Aluminium....................	1820 ♂	7.05	8.09
	1830 ♂	6.30	
	2150 ♀	7.53	
	2100 ♂	8.45	
	1950 ♀	10.35	

Tous ces résultats montrent que l'aluminium se range à côté du fer, qu'il est par conséquent beaucoup moins toxique que le nickel et le cuivre, employés comme lui dans la fabrication des ustensiles de cuisine.

En l'absence de preuve contraire il semble donc que les craintes d'actions nocives de minimes quantités d'aluminium, introduites artificiellement dans les substances alimentaires, ne soient pas fondées, du moins tant que ces quantités resteront de l'ordre de grandeur de celles qui existent à l'état normal dans les tissus des plantes et des animaux (1).

(1) Pour les quantités d'aluminium contenues dans les aliments d'origine végétale ou animale voir principalement : E. Smith (*loc. cit.*) ; F. Underhill, F. Peterman, Gnors et Krause (*Am. J. Physiol.*, 90, 1929, p. 72) ; O. Winter et O. Bird (*J. Amer. Chem. Soc.*, 51, 1929, p. 2964); O. Rask et E. Mac Collum (*J. Maryland Acad. Sc.*, 1, 1930, p. 38) ; I. Tourtelotte et O. Rask (*Ind. and Eng. Chem. Anal. Edit.*, 3, 1931, p. 97).

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la désintégration artificielle de l'aluminium.* Note (1) de MM. **M. de Broglie** et **L. Leprince-Ringuet.**

L'un de nous a précédemment décrit (2) un dispositif permettant de détecter et d'enregistrer le passage des rayonnements corpusculaires isolés. Nous l'avons appliqué à l'étude de la désintégration artificielle de l'aluminium par bombardement à l'aide des particules alpha du polonium. Cette question a déjà fait l'objet de travaux effectués par plusieurs chercheurs au moyen de méthodes différentes, les plus récents étant ceux de Chadwick (3), Pose (4), Pawlovski (5), Mlle Meitner (6). Nous avons étudié le spectre de vitesses des protons émis par l'aluminium dans la direction du rayonnement incident. Les expériences ont été faites avec des feuilles minces d'aluminium d'une absorption équivalente à celle de $2^{mm},5$ d'air environ. On a exploré ainsi toute la zone d'énergie des particules α incidentes comprise entre le maximum et la valeur correspondant à 2^{cm} de parcours restant dans l'air, chaque série d'expériences étant donc effectuée avec des particules α à peu près monocinétiques.

Les protons n'ont été observés qu'au delà de 19^{cm} de parcours dans l'air, pour ne pas avoir à tenir compte des protons naturels et de ceux provenant de la transmutation de l'azote.

Voici les résultats obtenus : 1° il n'apparaît pas qu'il y ait un fond continu de protons; dans la zone comprise entre 30 et 40^{cm} d'air, on peut dire qu'il n'y a pas de fond continu, à la précision des expériences près.

2° On voit un groupe de protons correspondant à 30^{cm} de parcours pour les rayons α d'énergie maximum, groupe qui se déplace vers les parcours plus faibles pour les rayons α d'énergie moindre.

3° Le groupe des rayons du plus long parcours (60^{cm} pour les particules α d'énergie max.) se déplace aussi vers les parcours plus faibles quand on

---

(1) Séance du 15 juillet 1931.

(2) L. Leprince-Ringuet, *Relation entre le parcours d'un proton rapide dans l'air et l'ionisation qu'il produit* (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1543).

(3) J. Chadwick, S. Constable and G. Pollard, *Artificial disintegration by α particles* (*Proceedings of the Royal Society*, A, 814, 1931, p. 463-489).

(4) H. Pose, *Ueber die diskreten Reichweitengruppen der H. Teilchen aus Aluminium* (*Zeits. für Physik*, 67, III et IV, 1931, p. 194 et 207).

(5) Pawlovski, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1336.

(6) Mlle Meitner, *Rapport au Congrès de Zurich*, mai 1931 (sous presse).

diminue l'énergie des particules α. Il semble disparaître quand elles ont un parcours restant dans l'air inférieur à $2^{cm},7$. Il est possible que ce soit une raie étalée en bande pour des raisons variées.

4° Il apparaît aussi un faible groupe à 50^{cm} de parcours environ pour les rayons α de plus grande énergie, groupe qui semble bien se retrouver dans les autres courbes, déplacé vers les parcours plus faibles quand l'énergie α diminue.

L'ensemble de ces résultats ne confirme pas l'hypothèse de groupes de rayons H se manifestant exclusivement pour une valeur déterminée de l'énergie des particules α. Ces groupes de résonance auraient dû apparaître nettement sur une courbe et disparaître sur les courbes voisines.

Il ne semble pas non plus que l'on ait affaire à un phénomène analogue à ce qui se passe pour les rayons X, savoir le déclenchement d'une raie caractéristique de l'atome (en remplaçant les niveaux extranucléaires par des niveaux intranucléaires) un tel processus aurait donné une ou plusieurs raies apparaissant au delà d'un certain seuil d'énergie α et ne se déplaçant pas.

Par ailleurs l'examen des courbes fait penser que la différence d'énergie entre les protons des différents groupes se conserve à peu près quand on passe de l'une des courbes à une autre, c'est-à-dire lorsque l'on modifie l'énergie du faisceau α incident, mais l'incertitude sur la fonction de la forme $p = K v^n$ reliant la portée du proton à sa vitesse initiale ne permet pas d'affirmer que ce dernier point soit acquis d'une façon précise.

ALGOLOGIE. — *Sur le rôle des* Aglaozonia *d'origine parthénogénétique.* Note [1] de M. C. SAUVAGEAU.

L'alternance des générations sexuée et asexuée des Cutlériales est maintenant classique. Une oosphère fécondée, diploïde, engendre un *Aglaozonia* diploïde, dont les sporanges subissent la réduction chromatique; les zoospores haploïdes engendrent un *Cutleria* sexué haploïde.

Ce schéma présente cependant des irrégularités. On sait, en particulier, que des oosphères parthénogénétiques, donc haploïdes, peuvent engendrer des *Aglaozonia* eux-mêmes haploïdes (Yamanouchi), morphologiquement semblables aux *Aglaozonia* diploïdes trouvés dans la nature.

Les *Aglaozonia* diploïdes, obtenus en culture par la germination des

---

[1] Séance du 15 juillet 1931.

oosphères fécondées, n'ont jamais été conservés assez longtemps (huit mois par Falkemberg) pour qu'on les voit fructifier. Néanmoins, ils doivent *a priori*, se comporter comme ceux de la nature.

On n'a pas signalé dans la nature d'*Aglaozonia* haploïdes, d'origine parthénogénétique, comme ceux que l'on obtient dans les cultures; il en existe nécessairement. Rien n'indique s'ils subissent une régulation chromatique les rendant diploïdes et aptes à émettre des sporanges, ou bien s'ils restent constamment haploïdes et alors quel serait leur rôle.

La connaissance de ce comportement intéresserait la biologie générale, car « en dehors des cas de parthénogénèse arrhénotoque, on ne connaît aucun exemple où l'œuf soit capable de se développer de *façon complète* avec le nombre haploïde de chromosomes » (Vandel, 1931).

Ayant étudié en 1930 au Laboratoire de Villefranche le *Cutl. monoica* qu'Ollivier a fait connaître récemment comme étant le gamétophyte de l'*Aglao. chilosa*, j'ai eu l'occasion de cultiver ses oosphères parthénogénétiques. Leur germination a fourni des *Aglaozonia* de petite taille qui, après neuf mois de culture, émirent, sur des points en apparence quelconques, des fils colorés qui furent l'origine de jeunes *Cutleria*. Je n'ai pas fait de numération des chromosomes, mais le *Cutleria* étant haploïde par définition, l'*Aglaozonia* parthénogénétique et haploïde n'a pas eu à subir de régulation chromatique pour le fournir. Ce serait donc le premier exemple de développement complet avec le nombre haploïde de chromosomes.

L'expérience a été faite avec le *Cutl. monoica*. A n'en pas douter, les autres *Cutleria* se comporteraient de même; la réussite de l'expérience est une question de durée.

On concevra désormais que deux sortes d'*Aglaozonia* doivent se rencontrer dans la nature. Les uns, diploïdes, plus ou moins vivaces, représentant l'état commun et classique, fournissent des sporanges. Les autres, haploïdes, plus ou moins éphémères, ne fructifient pas, forment directement des *Cutleria* par prolifération de fils colorés. Toutefois, ces *Aglaozonia* haploïdes étant de moindre taille, étant cachés rapidement par les rhizoïdes des *Cutleria* qu'ils ont engendrés, sont sans doute malaisés à observer dans la nature.

M. **Ch. Matignon** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. A. Travers dont il a écrit la *Préface : Leçons de Chimie à l'usage des élèves de Mathématiques spéciales et des élèves des Facultés des Sciences : I. Chimie générale. II. Métalloïdes.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Études géologiques des Pyrénées catalanes*, par Marius Dalloni.

2° Le fascicule 1 de la 1re année (1931) du *Bulletin astronomique de l'Observatoire royal de Belgique*, P. Stroobant, directeur.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur certaines fonctions entières et leurs dérivées.* Note [1] de M. **H. Milloux**, transmise par M. Émile Borel.

1. M. Florent Bureau [2] a énoncé le théorème suivant :

Soient $f(x)$ une fonction entière transcendante, $P(x)$ et $Q(x)$ deux polynomes tels que la différence $P^{(n)}(x) - Q(x)$ [où $P^{(n)}(x)$ désigne la $n^{ième}$ dérivée de $P(x)$] ne soit pas identiquement nulle. Cela étant, l'une au moins des équations

$$f(x) - P(x) = 0,$$

$$\frac{d^n f(x)}{dx^n} - Q(x) = 0$$

admet, dans tout le plan des x, une infinité de racines.

2. Au sujet de ce théorème, je tiens à signaler un résultat plus précis, extrait d'une étude que j'ai entreprise des fonctions méromorphes et de leurs dérivées, étude que je n'ai pas publiée, faute de conclusions générales.

Soit $f(x)$ une fonction entière d'ordre fini ou infini ρ, et telle que les zéros de l'équation

$$f(x) - g(x) = 0$$

ont un exposant de convergence inférieur à ρ [3]. *$g(x)$ est un polynome ou une fonction entière d'ordre inférieur à ρ.*

---

(1) Séance du 15 juillet 1931.

(2) F. Bureau, *Sur les fonctions holomorphes dans un cercle et les fonctions entières* (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1629; voir n° 2).

(3) Pour abréger, j'ai employé l'expression « inférieur à l'infini » pour désigner une quantité finie. L'énoncé est d'ailleurs susceptible d'extension dans le cas de ρ infini.

Il existe une suite de cercles $C_1, C_2, \ldots, C_p, \ldots$ *s'éloignant indéfiniment, vus de l'origine sous des angles qui tendent vers zéro avec* $\frac{1}{p}$, *et tels qu'étant donnée une fonction* $h(x)$, *polynome ou fonction entière d'ordre inférieur à* ρ, *et différente de* $g^{(n)}(x)$, *l'exposant de convergence des zéros de* $f^{(n)}(x) - h(x)$ *intérieurs aux* C_p *est égal à* ρ.

D'une manière plus précise, on peut dire qu'une fois n et $h(x)$ choisis, à partir de p assez grand, le nombre des zéros de $f^{(n)}(x) - h(x)$ est, dans le cercle C_p, au moins de l'ordre de grandeur $T(r_p, f)$.

r_p désigne le module du cercle C_p, et $T(r_p, f)$ l'indice caractéristique de la fonction $f(x)$. On peut choisir les r_p de façon que l'on ait

$$\lim \frac{\log T(r_p, f)}{\log r_p} = \rho.$$

La démonstration de la proposition précédente, banale dans le cas où ρ est fini, et par conséquent entier, repose dans le cas de ρ infini, sur la méthode de M. Borel, qui permet d'établir l'existence d'arcs où la fonction $f(x) - g(x)$ et ses dérivées sont très petites, et sur l'application de propriétés dues à MM. Valiron, Biernacki, Williams et à moi-même.

DYNAMIQUE. — *Étude arithmétique de la stabilité permanente au voisinage d'un point d'équilibre.* Note [1] de M. **Lucien Féraud**, présentée par M. Élie Cartan.

En reprenant les notations et hypothèses de ma Note du 29 juin [2], soit

$$(S_1) \qquad \frac{dp_j}{dt} = -\lambda_j p_j + P_j, \qquad \frac{dq_j}{dt} = \lambda_j q_j + Q_j$$

la première forme à laquelle se ramène un système (S) *complètement stable* au voisinage d'un point d'équilibre et pour lequel on supposera de plus que les séries $M_j(\pi)$ convergent : leurs valeurs *initiales* seront des constantes bien déterminées M_j^0.

En effectuant dans les seconds membres seulement de (S_1) la substi-

---

[1] Séance du 15 juillet 1931.

[2] *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1699.

tution (F) et en y remplaçant ensuite

$$\xi_j \text{ par } \xi_j^0 e^{-M_j^0 t}, \quad \eta_j \text{ par } \eta_j^0 e^{M_j^0 t},$$

on arrive à

$$\frac{dp_j}{dt} = P_j^*(t), \qquad \frac{dq_j}{dt} = Q_j^*(t).$$

L'intégration terme à terme de P^*, Q^* donne des séries dont la convergence constituera une condition suffisante de stabilité permanente; elles renfermeront, en général, des « petits diviseurs », mais n'auront pas de terme séculaire. Cette dernière remarque est une conséquence importante de la propriété de stabilité complète dont elle met en évidence toute la signification.

La nature arithmétique des petits diviseurs est prépondérante dans les méthodes classiques de Delaunay, Bohlin, Gylden, Poincaré (¹), chaque fois qu'il s'agit de convergence *au sens des astronomes;* elle joue également un rôle très important dans les questions de convergence ordinaire. On trouve un exposé des premiers travaux se rapportant à ces questions, où l'on envisage la probabilité de convergence des séries, dans un fascicule (²) récemment paru de la *Collection de la Théorie des probabilités,* par M. C.-V.-L. Charlier.

Dans des Mémoires récents M. H. Petersson (³) et d'autre part M. A. Wintner (⁴) ont montré que les conclusions pouvaient être précisées à la faveur de la théorie des ensembles et de la mesure de Lebesgue. C'est dans cet ordre d'idées que je considère les systèmes (S) soumis aux hypothèses indiquées plus haut. Par l'intermédiaire de la *forme normale* de M. G. Birkhoff (⁵), j'obtiens comme conséquences de la nature arithmétique des constantes qui déterminent la structure des petits diviseurs, des résultats relatifs à la répartition des mouvements stables dans le voisinage considéré. Pour la commodité de l'exposition, nous considérerons le cas de deux degrés de liberté (pour $s = 1$ il n'y a pas de petits diviseurs) mais il est hors de doute que pour s quelconque la méthode s'applique sans difficulté et que les résultats sont tout à fait analogues.

(¹) *Méthodes nouvelles*, 2, Chap. XIX, XX, XXI.

(²) Collection Borel, 2, fascicule IV, Gauthier-Villars, 1931.

(³) *Abhandlungen aus dem Mathematischen Seminar Hamburg*, 3, 1924, p. 324.

(⁴) *Mathematische Zeitschrift*, 31, 1930, p. 434.

(⁵) *American Journal of Mathematics*, 49, 1, 1927, p. 1, et *Dynamical Systems, American Mathematical Society Colloquium Publications*, 9, New-York, 1927.

Les séries intégrales de P^*, Q^* admettent des séries majorantes dont le terme général est de la forme (à un facteur près)

$$\frac{A_{\alpha_1\alpha_2\beta_1\beta_2} \times |\xi_1|^{\alpha_1} \times |\xi_2|^{\alpha_2} \times |\eta_1|^{\beta_1} \times |\eta_2|^{\beta_2}}{|(\alpha_1 - \beta_1)\nu + \alpha_2 - \beta_2|},$$

les A sont les valeurs absolues des coefficients de la série P^* ou Q^* considérée; ξ_1, ξ_2, η_1, η_2 représentent les valeurs initiales des variables; $\nu = \frac{M_1^0}{M_2^0}$. En supposant que ce nombre ν satisfait à une *inégalité de Liouville* [1],

$$\left|\nu - \frac{m}{n}\right| > \frac{k}{n^\omega}, \qquad k > 0, \qquad \omega > 1,$$

quels que soient m et n (entiers) dès que n est assez grand, nous obtenons comme conditions suffisantes de stabilité permanente la convergence des séries P^* et Q^* elles-mêmes.

Il n'en est plus ainsi si le nombre ν ne satisfait à aucune des inégalités ci-dessus, c'est-à-dire est un *nombre de Liouville*; on sait que l'ensemble (L) de ces nombres a une mesure nulle et la puissance du continu [2]. En restant dans le cas *non dégénéré* $|c_{jh}| \neq 0$ on peut supposer qu'est donnée, parmi les constantes initiales qui déterminent une trajectoire, la valeur de ν. Nous avons donc obtenu un ensemble de points initiaux instables qui correspondent à (L), et nous pouvons conclure que la stabilité d'une trajectoire dépend, dans le voisinage considéré, de la nature arithmétique des constantes qui déterminent son point initial et ceci comme nous l'avons montré par l'intermédiaire du seul nombre ν.

Il est intéressant de remarquer que dans cette conclusion l'ordre ω de l'inégalité de Liouville à laquelle satisfait ν ne joue aucun rôle, seule intervient la propriété de pouvoir assigner à ν un ordre déterminé d'approximation par des nombres rationnels. Dans cette distinction se manifeste de nouveau la différence entre les deux points de vue auxquels peut être envisagée l'étude de la convergence.

Enfin nous pouvons dire que les trajectoires instables que nous avons mises en évidence sont *les plus voisines* des trajectoires périodiques, parce que ces dernières correspondent aux valeurs rationnelles de ν. Cette con-

(1) Cf. par exemple E. Borel, *Leçons sur la théorie des fonctions*, p. 32 (Gauthier-Villars).

(2) Édition française de l'*Encyclopédie des Sciences mathématiques* : Article I.17, J. Hadamard et E. Maillet, cf. n° 65.

clusion qui pourrait paraître paradoxale se rattache très naturellement à une idée fondamentale dans la théorie de l'approximation par les nombres rationnels : un nombre est d'autant plus transcendant ou plus éloigné par sa nature des nombres rationnels qu'il est possible de l'approcher davantage par des nombres rationnels ([1]).

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les mouvements des liquides visqueux symétriques par rapport à un axe*. Note ([2]) de M. **Alfred Rosenblatt.**

J'ai étudié (*Comptes rendus*, 6 septembre 1926, 4 octobre 1926, 20 février 1928) les tensions qui règnent au sein d'un liquide visqueux en mouvement. Les considérations exposées s'appliquent aux mouvements symétriques par rapport à un axe, qui ont été étudiés par M. Caldonazzo dans des travaux intéressants : *Sui moti di un liquido viscoso simmetrici ad un asse* (*Rendiconti del Reale Istituto Lombardo*, 2e série, 57 et 58, 1924, 1925); *Moti elicoïdali simmetrici ad un asse dei liquidi viscosi* (*Ibid.*, 59, 1926). C'est ce que je voudrais faire voir en me limitant aux fluides *incompressibles*.

1. Soit donné un mouvement qui a lieu dans des plans du faisceau d'axe z. Soient C une ligne de flux, s la direction positive de la tangente (dans la direction du mouvement), n la direction de la normale extérieure, n et s orientés comme le rayon r et l'axe z.

La formule

$$(1) \qquad T_n = -p\vec{n} + 2\mu \frac{d\vec{v}}{dP}\vec{n} - \mu \operatorname{rot} \vec{v} \wedge \vec{v}$$

permet de calculer les composantes *normale* T_{nn} et *tangentielle* T_{ns} de la tension T_n exercée sur C du côté positif. On trouve

$$(2) \qquad T_{nn} = -p - 2\mu \frac{1}{r}\frac{\partial^2 \Psi}{\partial s\, \partial n},$$

$$(3) \qquad T_{ns} = -2\mu\Omega - 2\mu \frac{1}{r}\frac{\partial^2 \Psi}{\partial s^2},$$

où l'on a

$$v_z = \frac{1}{r}\frac{\partial \Psi}{\partial r}, \qquad v_r = -\frac{1}{r}\frac{\partial \Psi}{\partial z}.$$

([1]) E. Borel, *Leçons sur la théorie de la croissance*, p. 126 (Gauthier-Villars).

([2]) Séance du 15 juillet 1931.

Les dérivées sont à calculer suivant deux directions *fixes*, donc $\frac{\partial^2 \Psi}{\partial s^2}$ *n'est pas nul en général.*

On peut aussi exprimer ces composantes par les dérivées de l'angle α contenu entre s et r. On trouve

$$(4)\qquad T_{nn} = -p - 2\mu v \frac{\partial \alpha}{\partial n},$$

$$(5)\qquad T_{ns} = -2\mu\left(\Omega + v \frac{\partial \alpha}{\partial n}\right),$$

Ω est la rotation

$$2\Omega = \frac{\partial v_r}{\partial z} - \frac{\partial v_z}{\partial r}.$$

On a aussi

$$(6)\qquad T_{ns} = -\mu v^2 \left[\frac{\partial}{\partial r} \frac{r\Psi_r}{\Psi_r^2 + \Psi_z^2} + \frac{\partial}{\partial z} \frac{r\Psi_z}{\Psi_r^2 + \Psi_z^2}\right].$$

2. *Supposons* $T_{ns} = 0$. Posons

$$(7)\qquad \frac{r\Psi_r}{\Psi_r^2 + \Psi_z^2} = \sigma_z, \qquad \frac{r\Psi_r}{\Psi_r^2 + \Psi_z^2} = -\sigma_r.$$

On a

$$(8)\qquad \Psi_r \sigma_z - \Psi_z \sigma_r = r,$$

et les systèmes $\Psi = \text{const.}$, $\sigma = \text{const.}$ sont orthogonaux.

Dans le cas du mouvement *irrotationnel* on a $\frac{\partial \alpha}{\partial s} = 0$; donc les lignes de flux sont des droites.

Dans le cas *général* du mouvement irrotationnel on a

$$(9)\qquad \Psi_r = rF_z, \qquad \Psi_z = -rF_r,$$

les lignes $F = \text{const.}$ étant orthogonales aux lignes $\Psi = \text{const.}$ On a

$$v = \frac{dF}{ds}.$$

Dans le cas $T_{ns} = 0$ les courbes $F = \text{const.}$ sont *parallèles*, $v = f(F)$. On en déduit, en suivant le raisonnement de mes Notes précédentes, les relations

$$(10)\qquad \frac{\partial \alpha}{\partial n} = \text{const.} \qquad \text{et} \qquad \frac{\cos\alpha}{r} = \text{const.}$$

Les courbes parallèles sont donc des *cercles concentriques* ou bien des *droites parallèles*. La seconde des relations (10) est satisfaite en posant $\alpha = \frac{\pi}{2}$,

droites parallèles à l'axe des z ou bien pour $\cos\alpha = \frac{r}{\rho}$, $\rho = \text{const.}$, *cercles ayant leur centre sur l'axe des z*.

On obtient ainsi le théorème :

THÉORÈME. — *Les seuls mouvements à symétrie axiale des fluides visqueux incompressibles et irrotationnels qui aient lieu dans les plans méridionaux et pour lesquels les pressions exercées sur les lignes de flux soient* normales *à ces lignes sont les suivants :*

1° *Mouvement d'ensemble parallèle à l'axe de symétrie. Fonction potentielle* $\Phi = z$.

2° *Mouvement radial d'un point sur l'axe de symétrie. Fonction potentielle* $\Phi = \frac{1}{\sqrt{r^2 + z^2}}$.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur une propriété exclusive des homoïdes ellipsoïdaux.* Note (1) de M. **Pierre Dive**, présentée par M. Élie Cartan.

Avec Tait et Thomson nous appellerons *homoïde* toute couche, de densité uniforme, comprise entre deux surfaces fermées homothétiques par rapport à un point intérieur.

On sait que les homoïdes ellipsoïdaux n'exercent aucune action sur des points matériels situés dans leur cavité. Cette propriété classique joue un rôle important en Électrostatique (2) et dans la théorie des mouvements internes des astres fluides (3). On ne s'est pas demandé, que nous sachions, s'il existait d'autres homoïdes, non ellipsoïdaux, jouissant de la même propriété.

Nous avons pu montrer que la réponse à faire était négative et que, par suite, le théorème classique admettait la réciproque :

Tout homoïde n'exerçant aucune attraction dans sa cavité est un homoïde ellipsoïdal.

La démonstration de cette proposition comporte plusieurs parties. Nous cherchons d'abord l'expression générale du potentiel néwtonien de corps homogènes homothétiques.

---

(1) Séance du 15 juillet 1931.

(2) Cf. E. Mascart, *Leçons sur l'électricité et le magnétisme*, 1, p. 76.

(3) Pierre Dive, *Rotations internes des astres fluides*, p. 72 (Blanchard, éditeur; Paris, 1930).

Soient (S_1) et (S_λ) deux surfaces fermées homothétiques dans le rapport λ, limitant deux corps (V_1) et (V_λ) homogènes, de même densité ρ; $P(x, y, z)$ et $P_1(x_1, y_1, z_1)$ deux points homothétiques dans le même rapport $(x=\lambda x_1, y=\lambda y_1, z=\lambda z_1)$. Le potentiel d'attraction newtonienne du corps (V_1) en P_1 a pour expression

$$\Phi=\rho\int\int\int_{V_1}\frac{d\tau_1}{D_1}, \tag{1}$$

où $d\tau_1$ est un élément de volume potentiant et D_1 sa distance au point potentié P_1. De même, le potentiel en P du corps (V_λ) est

$$\Phi_\lambda=\rho\int\int\int_{V_\lambda}\frac{d\tau}{D}, \tag{2}$$

où D désigne la distance, au point P, de l'élément de volume $d\tau$, homothétique de $d\tau_1$ dans le rapport λ. Or, au moyen d'un changement de variables d'intégration, on peut exprimer cette dernière intégrale en fonction de l'intégrale (1) et l'on obtient ainsi la relation

$$\Phi_\lambda(x, y, z)\equiv\lambda^2\,\Phi\left(\frac{x}{\lambda}, \frac{y}{\lambda}, \frac{z}{\lambda}\right). \tag{3}$$

Il est facile d'en déduire l'expression générale du potentiel Ψ_λ de l'homoïde de densité ρ limité par (S_1) et (S_λ); on a évidemment

$$\Psi_\lambda(x, y, z)\equiv\rho\left[\Phi(x, y, z)-\lambda^2\,\Phi\left(\frac{x}{\lambda}, \frac{y}{\lambda}, \frac{z}{\lambda}\right)\right]. \tag{4}$$

Pour que l'attraction de l'homoïde soit nulle en tout point de sa cavité, il faut et il suffit que la fonction $\Psi_\lambda(x, y, z)$ se réduise à une constante dans tout le domaine (V_λ). Nous allons déduire de cette condition que *le potentiel* Φ *d'un corps homogène remplissant le volume limité par l'une des surfaces de l'homoïde est représenté, en tout point intérieur, par la somme d'une forme quadratique en* x, y, z *et d'une constante.*

En effet, le potentiel Φ, en un point intérieur, étant, d'après une remarque récente de M. Rolin Wavre (*Commentarii Mathematici Helvetici*, 2, 1, 1930, p. 116), une fonction analytique des coordonnées de ce point dans tout le domaine qu'elle occupe, il existe, au voisinage du centre d'homothétie que nous prenons comme origine, une sphère (s_1) dans laquelle Φ est représenté par une série entière uniformément convergente

$$\Phi\equiv A_0+\sum_{n=1}^{\infty}A_n\,P_n(x, y, z), \tag{5}$$

A_0 et A_n étant des constantes et P_n un polynome homogène en x, y, z de degré n. Il vient alors

(6) $$\Psi_\lambda(x, y, z) \equiv \rho\left[A_0(1-\lambda^2) + \sum_{n=1}^{\infty} A_n\left(1-\frac{\lambda^2}{\lambda^n}\right)P_n(x, y, z)\right];$$

et cette dernière série converge aussi uniformément dans une sphère (s) intérieure à (s_1).

Exprimons que Ψ_λ se réduit à une constante dans (s); on a la condition nécessaire et suffisante

(7) $$\sum_{n=1}^{\infty} A_n\left(1-\frac{\lambda^2}{\lambda^n}\right)P_n(x, y, z) \equiv 0;$$

elle exige que tout polynome P_n, *de degré supérieur à* 2, soit identiquement nul. Cela est vrai dans la sphère (s) *et, par suite, dans tout le domaine* (V_λ) *où* Φ *est analytique.* C. Q. F. D.

Les surfaces équipotentielles $\Phi = \text{const.}$ sont donc des quadriques qui admettent l'origine comme centre de symétrie; les surfaces paraboliques sont exclues. Nous avons pu montrer qu'il en est de même des plans et des hyperboloïdes à une ou à deux nappes. D'où il résulte que *les surfaces équipotentielles du corps* (V_1) *sont nécessairement des ellipsoïdes homothétiques* représentés par l'équation

(8) $$-\alpha x^2 - \beta y^2 - \gamma z^2 + \delta = c \qquad (\alpha, \beta, \gamma, \delta, c > 0).$$

On en conclut qu'il existe un ellipsoïde (E) homogène possédant dans une région intérieure commune le même potentiel que (V_1) [1]. Or, grâce à la considération du plus grand ellipsoïde, homothétique de (E) et possédant au moins un point commun avec (V_1), nous avons pu établir que la propriété précédente impliquait la coïncidence des corps (E) et (V_1). Ce qui démontre la réciproque énoncée.

---

[1] *Sur l'attraction des ellipsoïdes homogènes* (*Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1443).

ASTRONOMIE. — *Les orbites des planètes Neptune et Pluton.* Note [1] de M. G. **Fayet**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Dans la présente étude on adopte, pour la nouvelle planète, les éléments héliocentriques déduits par MM. Nicholson et Mayoll (*The Astrophysical Journal*, 73, 1931, p. 5) et qui peuvent être considérés actuellement comme les meilleurs. L'équinoxe choisi se rapporte à 1925,0.

Si l'on néglige toute action perturbatrice, on constate que, pour une longitude héliocentrique λ voisine de 277°, les orbites de Pluton et de Neptune se rapprochent à une distance minima $\rho = 2,7$. Afin de rechercher les possibilités d'une approche effective des deux astres, on a été conduit à envisager les circonstances des conjonctions héliocentriques successives.

Les moyens mouvements, respectivement égaux à 14″,238 et 21″,535 présentent presque exactement une relation de commensurabilité simple : on a sensiblement $\frac{n'}{n} = \frac{2}{3} - \frac{1}{181}$, de sorte que si les deux planètes décrivaient, dans l'écliptique, des orbes circulaires, les conjonctions en longitude se succéderaient régulièrement à des intervalles un peu inférieurs à 500 ans, tandis que les valeurs de λ correspondant à deux conjonctions consécutives différeraient d'un très petit nombre de degrés.

Comme la conjonction la plus voisine de notre époque, survenue en 1892, a eu lieu vers $\lambda = 69°$, nous serions très éloignés d'une conjonction se produisant dans la région de distance minima des orbites.

En réalité la loi qui règle la succession des conjonctions n'est pas aussi simple : si Neptune parcourt effectivement une orbite à peu près circulaire $[e = 0.009]$ dans un plan voisin de l'écliptique $[i = 1°,8]$, de telle façon que la variation annuelle en longitude $\Delta\lambda$ demeure entre 2°,15 et 2°,23, par contre l'excentricité et l'inclinaison de Pluton sont notables :

$$e = 0,246 \qquad i = 17°,1 \qquad \text{et } \Delta\lambda \text{ oscille entre } 0°,92 \text{ et } 2°,56.$$

Voici une des particularités qui résultent de ce qui précède : lorsque la longitude λ_P de Pluton augmente de 165° à 265° approximativement, $\Delta\lambda_P$ surpasse la variation correspondante $\Delta\lambda_N$ concernant Neptune; dans cet intervalle l'excès $\lambda_N - \lambda_P$ décroît constamment et la perte atteint un maximum de 10°,2 vers $\lambda_P = 265°$; en outre, il faut attendre que λ_P approche

[1] Séance du 22 juin 1931.

de 315° pour que cette perte se trouve compensée et que la quantité reprenne la valeur qu'elle avait lorsque λ_P était égal à 165°.

La conséquence serait donc que, dans cette portion notable des orbites ($\lambda = 165°$ à $\lambda = 315°$), aucune conjonction *ordinaire* ne peut intervenir. Le fait est confirmé par le tableau suivant où l'on a relevé toutes les conjonctions *ordinaires* se produisant durant une période de quelque 100 siècles embrassant l'époque actuelle.

Les nombres surmontés d'un trait désignent des années antérieures au début de notre ère.

Époque.	Longitude hélioc. (°)	Distance des 2 planètes.	Époque.	Longitude hélioc. (°)	Distance des 2 planètes.
$\overline{2921}$,3	353	17	2388,8	62	20
$\overline{2431}$,0	343	15	2875,1	55	21
$\overline{1943}$,6	331	12	3366,4	49	21
$\overline{1528}$,6	159	8	3857,7	42	22
$\overline{1048}$,0	127	9	4349,0	36	22
$\overline{561}$,5	112	10	4840,2	29	21
$\overline{72}$,8	101	12	5331,2	22	21
420,0	92	14	5822,1	14	20
910,5	84	16	6312,8	6	19
1401,5	76	18	6803,1	357	18
1892,5	69	19	7292,8	347	16

Or cette sorte de portion critique comprend précisément les valeurs de la longitude pour lesquelles les conjonctions pourraient offrir un intérêt particulier, puisque celles-ci correspondent à des positions respectives des deux astres distantes de 8 au plus.

Mais il ne faut pas conclure de ce qui précède que toute conjonction est absolument impossible dans ledit intervalle en longitude : si, en effet, à l'époque où λ_P franchit 165°, on a $0 < \lambda_N - \lambda_P < 10°,2$, la différence $\lambda_N - \lambda_P$ s'annulera deux fois entre les longitudes 165° et 315°, ce qui provoquera, à des époques peu éloignées l'une de l'autre, deux conjonctions que l'on peut qualifier de *supplémentaires*. D'autre part, la double inégalité ci-dessus implique aussi l'existence d'une conjonction ordinaire à une date antérieure assez rapprochée du début de l'intervalle critique ; ainsi, lorsque ces conditions seront remplies, on observera trois conjonctions dans un laps de temps restreint.

Il reste donc à déterminer les époques où ces circonstances exceptionnelles

peuvent se présenter; en examinant la période d'une centaine de siècles sur laquelle porte le tableau précédent, on a trouvé que le cas recherché intervient seulement deux fois :

1° La conjonction ordinaire de $\overline{1528}$ ($\lambda = 159°$; $\rho = 8$) aurait été suivie des conjonctions supplémentaires

$\overline{1516}$ vers $\lambda = 183°$ avec $\rho = 8$,
$\overline{1455}$ vers $\lambda = 313°$ avec $\rho = 9$.

2° A la suite de la conjonction ordinaire de $\overline{1048}$ ($\lambda = 127°$; $\rho = 9$) se présentent les conjonctions supplémentaires

$\overline{991}$ vers $\lambda = 250°$ avec $\rho = 5{,}0$,
$\overline{977}$ vers $\lambda = 280°$ avec $\rho = 2{,}8$.

Cette dernière a donc pu offrir des conditions particulièrement favorables à des perturbations notables : non seulement les deux planètes se seraient alors trouvées presque exactement dans la situation de la distance minima, mais surtout, comme le montre le relevé suivant, la distance de ces astres serait demeurée inférieure à 5 pendant une période de temps supérieure à 20 années.

Époque.	λ_N.	λ_P.	$\lambda_N - \lambda_P$.	ρ.
	°	°	°	
$\overline{993}$,0	245,5	245,1	+0,4	5,6
$\overline{991}$,0	249,8	249,9	−0,1	5,0
$\overline{989}$,0	254,1	254,5	−0,4	4,5
$\overline{987}$,0	258,4	259,0	−0,6	4,0
$\overline{985}$,0	262,7	263,4	−0,7	3,6
$\overline{983}$,0	267,0	267,7	−0,7	3,2
$\overline{981}$,0	271,3	272,0	−0,7	2,8
$\overline{979}$,0	275,6	276,0	−0,4	2,7
$\overline{977}$,0	279,9	280,0	−0,1	2,8
$\overline{975}$,0	284,3	283,8	+0,5	3,1
$\overline{973}$,0	288,6	287,6	+1,0	3,5
$\overline{971}$,0	292,9	291,2	+1,7	4,1
$\overline{969}$,0	297,2	294,7	+2,5	4,8
$\overline{967}$,0	301,6	298,2	+3,4	5,6

ASTRONOMIE. — *Emploi des lieux géométriques pour la représentation des observations de passages à la lunette méridienne.* Note [1] de M. **Auguste Claude**, présentée par M. R. Bourgeois.

I. Nous avons montré, dans un article intitulé : *La méthode des hauteurs égales* (*Revue générale des Sciences*, 30 novembre 1905, p. 972 à 983), les avantages de l'emploi de la méthode du point approché et des lieux géométriques pour la représentation des observations astronomiques, notamment de celles que nous appelons « simplifiées » parce qu'elles ne comportent chacune qu'un élément, estimation de temps ou lecture de cercle divisé. Mais comme nous avions en vue le traitement des observations à l'astrolabe à prisme, nous nous sommes contenté alors d'appliquer la méthode aux observations de hauteurs égales, laissant de côté les observations simplifiées de passages à un azimut fixe, en particulier au méridien, qu'on fait avec la lunette méridienne. La présente Note a pour objet de combler cette lacune.

II. Les observations azimutales en question peuvent être considérées comme des observations de distances zénithales de 90° faites par un observateur fictif à l'un des pôles du vertical d'observation ; la méthode employée pour représenter les observations de hauteurs égales leur est donc applicable, mais avec quelques complications. Pour préciser, nous considèrerons uniquement les observations de passages au méridien et nous prendrons comme pôle du vertical d'observation à déterminer le pôle Est B.

Si l'axe optique de la lunette en tournant autour de l'axe des tourillons restait dans un plan vertical invariable, chaque observation donnerait, de la position de B à l'instant t de l'observation, un lieu géométrique qui serait le grand cercle ayant l'astre observé comme pôle. En ramenant chacun des astres observés à la position qu'il aurait occupée si tous avaient pu être observés à un même instant t_0 par la correction correspondante $t_0 - t$ à son ascension droite, on aurait tous les lieux géométriques de la position de B à ce même instant t_0. La concordance de ces lieux n'est qu'approximative en raison des erreurs d'observation et d'ascension droite qui ont pour effet de les déplacer normalement à leur direction. Le point à adopter est celui

---

(1) Séance du 15 juillet 1931.

dont la somme des carrés des distances aux différents lieux, compte tenu de leurs poids, est minimum.

Pratiquement, il suffit de tracer la partie utile de chaque lieu, celle qui avoisine leur point d'intersection moyen et qu'on nomme la *droite de hauteur*; B désignant une position approchée de B′ (position qui sera ici le pôle du méridien de la lunette situé sur l'équateur à 90° à l'est de ce méridien si l'on prend 180° comme azimut approché compté du Nord pour le plan d'observation), on regarde la sphère comme plane aux environs de ce point et l'on détermine à l'aide du calcul, par rapport à deux axes rectangulaires, le méridien By de B et l'équateur, chacune des droites de hauteur que l'on construit ensuite sur une projection plane à grande échelle.

Nous avons supposé, dans ce qui précède, que durant la série d'observations l'axe optique de la lunette décrivait un plan vertical fixe. En réalité, il décrit une surface qui s'écarte plus ou moins du vertical ayant même azimut que la lunette à l'heure t_0 et qui varie constamment en raison de la variation d'azimut et de l'inclinaison de l'axe de rotation ainsi que du changement de la distance du fil moyen V du micromètre au fil sans collimation V_0. Avant de tracer les droites de hauteur sur le graphique et de traiter leurs équations par la méthode des moindres carrés, il faut donc corriger le second membre de chacune de celles-ci des déplacements de la droite correspondant normalement à sa direction produits par la variation d'azimut entre les heures t et t_0, par l'inclinaison de l'axe à l'heure t et le changement du $(V - V_0)$ de l'heure t_0 à l'heure t, enfin par l'effet de l'aberration diurne. Ces corrections faites, toutes les droites de hauteur sont des lieux de B′, pôle est du vertical idéal d'observation ayant même azimut que l'axe de rotation et même $(V - V_0)$, soit $(V - V_0)_0$, que la lunette à l'heure t_0 de la pendule. En prenant comme inconnues les coordonnées x_0 et y_0 de B′ et $(V - V_0)_0$, le problème à traiter par la méthode des moindres carrés est en tout semblable à celui de la détermination du zénith et de la hauteur constante d'observation à l'aide d'observations à l'astrolabe à prisme; $(V - V_0)_0$ est la quantité dont il faut corriger la distance zénithale approchée 90° pour avoir celle qui correspond à l'heure t_0, l'inclinaison de l'axe étant supposée nulle, ou encore le rayon du cercle tangent en moyenne à toutes les droites de hauteur sur le graphique. Connaissant x_0 et y_0, on en déduit aisément la correction de l'azimut approché 180° et celle de l'état approché de la pendule pour le méridien de la lunette.

III. L'examen du graphique des observations est des plus instructifs

surtout si, par une modification convenable du $(V - V_0)_0$, on donne au cercle tangent un rayon suffisant pour rendre l'interprétation du graphique plus facile en déplaçant en conséquence les droites de hauteur.

Tout d'abord les écarts des droites de hauteur par rapport à ce cercle montrent immédiatement le degré de confiance qu'on peut accorder à l'azimut et à la correction de l'état approché ainsi qu'aux diverses quantités qui entrent dans les seconds membres des équations des droites de hauteur.

En second lieu, on voit combien le cercle tangent est mal déterminé. Alors que celui que donnent les observations à l'astrolabe à prisme peut être également bien déterminé dans toutes les directions par un choix convenable des étoiles à observer, le cercle fourni par les observations méridiennes ne l'est que dans un secteur assez faible.

Enfin, il resterait encore à rechercher les corrections à apporter, d'une part à toutes les mesures d'inclinaison, d'autre part à toutes celles de $(V - V_0)$ de manière que la courbe de tangence se rapproche, le plus possible, d'un cercle, opération qui comporte une certaine part d'arbitraire. Car le problème, considéré comme étant à trois inconnues, en comporte en réalité quatre.

Quoi qu'il en soit, seule la solution du problème, ainsi établie, est rationnelle.

ÉLECTRICITÉ. — *Forces électromotrices de piles à deux liquides et leurs variations avec la dilution des solutions.* Note [1] de M. L. **Bouchet**, présentée par M. A. Cotton.

Cette Note est la suite de celle insérée aux *Comptes rendus* sous le titre : *Potentiels électrolytiques de quelques métaux* [2].

I. J'ai associé deux à deux les quatre métaux Mg, Zn, Cu, Ag qui ont fait l'objet de la Note précédente de façon à constituer des piles lorsque ces métaux sont immergés respectivement dans des solutions normales de leurs sels, les solutions contenues dans des vases séparés sont reliées par uu tube de verre rempli d'une des solutions et effilé à une de ses extrémités.

En prenant toutes les précautions indiquées dans la Note antérieure, pour la préparation des solutions et des électrodes, j'ai mesuré les forces electromotrices de ces éléments par la méthode d'opposition, le galvanomètre, la

(1) Séance du 15 juillet 1931.

(2) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1237.

pile étalon étant ceux utilisés à propos de la détermination des potentiels électrolytiques. Les durées des mesures et les températures étant aussi sensiblement les mêmes.

Le tableau ci-dessous renferme les résultats obtenus avec des sulfates, en effectuant deux mesures pour chaque élément suivant que le tube effilé est rempli de l'une ou de l'autre solution. La troisième colonne est relative aux f. e. m. déduites des potentiels électrolytiques et calculée compte tenu des potentiels de diffusion :

Indication des piles.	F. e. m. mesurées.	F. e. m. calculées.
	v	v
Mg-Zn	0,709	0,713
Mg-Cu	1,810	1,804
Mg-Ag	2,275	2,266
Zn-Cu	1,089	1,092
Zn-Ag	1,502	1,498
Cu-Ag	0,444	0,431

La concordance entre les f. e. m. mesurées et celles calculées est plutôt bonne, eu égard aux nombreuses causes d'erreurs, entre autres celle relative aux coefficients de température.

J'ai bien effectué d'autres mesures avec les chlorures, les acétates et les azotates, mais pour ces éléments, les résultats sont moins bons, surtout pour les azotates.

Une étude critique de chacune de ces piles permettrait peut-être d'en déceler une pouvant servir d'étalon secondaire comme cela se pratique pour la pile Zn-Cu (Daniell).

II. En se plaçant au point de vue de la théorie osmotiques des piles, il y a intérêt à rechercher le sens des variations des forces électromotrices lorsqu'on dilue les solutions. Guidé par cette idée, j'ai tenté de faire l'étude systématique de cette question.

Je donne ci-dessous les résultats que m'a fourni la pile Zn-Cu avec sulfates correspondants :

Concentration du SO^4Zn. Solution normale : N.	Concentration du SO^4Cu.	F. e. m. mesurées directement.	F. e. m. déduites de l'association de l'électrode de Zn avec celle de calomel.
N	N	1,089	1,092
$\frac{N}{10}$	N	1,095	1,097
$\frac{N}{50}$	N	1,114	1,112
$\frac{N}{100}$	N	1,128	1,125

Pour cet élément, les f. e. m. croissent nettement avec la dilution; pour les chlorures, les f. e. m. croissent d'abord jusqu'à $\frac{N}{20}$ pour décroître ensuite, avec les acétates et les azotates les résultats sont des plus singuliers; il en est de même en substituant au Zn, le Mg et le Cu. Ces irrégularités peuvent tenir en grande partie à l'oxydation des métaux lorsqu'on dilue les solutions. Cette hypothèse n'est pas gratuite, car avec Mg en ajoutant quelques centimètres cubes d'alcool à 95°, les f. e. m. augmentent.

ÉLECTRICITÉ. — *Triode démontable de* 150 *KW*. Note [1] de MM. F. **Holweck** et P. **Chevallier**, présentée par M. G. Ferrié.

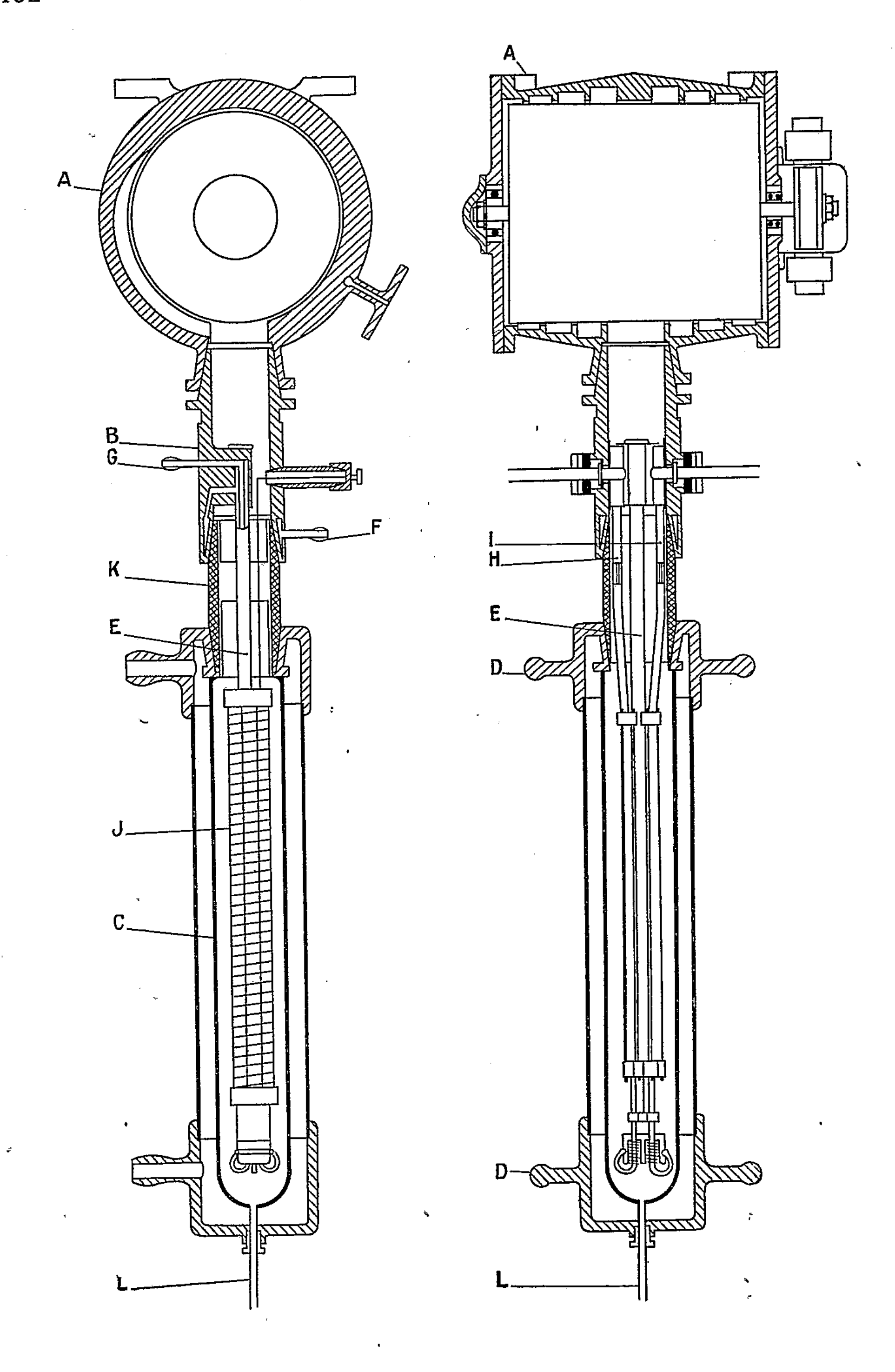
L'un de nous [2] a décrit le premier modèle de triode démontable 10 KW à joints de caoutchouc et les types 10 et 30 KW à joints rodés, dont de nombreux exemplaires sont en usage. Nous décrivons actuellement une lampe sur pompe de 150 KW à joints rodés, fonctionnant sur onde longue et sous tension plaque relativement basse (7500 volts). Les figures représentent une coupe schématique de la lampe et de sa pompe moléculaire. Pour les unités de grandes puissance, les dimensions et le poids des éléments de la lampe ainsi que des considérations de commodité de démontage imposent de retourner l'ensemble et de mettre la pompe à la partie supérieure. Cette position a en outre le grand avantage de protéger la pompe contre les parcelles métalliques. La pompe, qui est du modèle à grand débit, est donc fixée par ses pattes en haut d'un bâti. La tête B de la lampe est maintenue sur la pompe par un rodage et une bride de soutien. La plaque C, qui constitue le poids le plus important, repose par ses bras D sur un montage à rampes hélicoïdales permettant de la déplacer verticalement suivant l'axe de la lampe et de découvrir ainsi complètement l'ensemble filament-grille qui reste suspendu à la pompe.

Les filaments et la grille d'une lampe de grande puissance rayonnant une énergie considérable, il est nécessaire de refroidir le plus grand nombre possible de pièces pour conserver les constantes géométriques et éviter les dégagements de gaz occlus. Un dispositif très pratique consiste à utiliser comme axe général de montage des filaments et de la grille un tube E refroidi par une circulation d'eau. A cet effet, l'eau entrant en F commence

---

[1] Séance du 6 juillet 1931.

[2] *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 104; 178, 1924, p. 1803.


A
B
G
F
K
E
J
C
L
A
I
H
E
D
D
L

par refroidir la tête, puis parcourt le tube E, puis est évacuée en G. Les deux supports de filament H et I sont isolés de la tête à la partie supérieure. Le milieu de tous les filaments est connecté au tube central. Chaque support alimente sous 40 volts avec 200 ampères, 4 fils de tungstène de 1^{mm} de diamètre et de 39^{cm} de long. Des cônes mâles fendus, en nickel, rapportés aux extrémités des fils de tungstène sont placés dans des logements femelles ménagés dans les supports supérieurs et dans les tenseurs inférieurs. Cette disposition permet de changer facilement un filament avarié sans toucher aux autres. Chaque filament est tendu par un ressort particulier en acier spécial dont les propriétés élastiques ne sont pas altérées à 500°.

La grille J, constituée à la façon habituelle par une hélice de fil de tungstène enroulé sur une cage de molybdène, est supportée à la partie inférieure par un tube de quartz et guidée à la partie supérieure par deux petits barreaux de quartz permettant sa dilatation. L'anode, qui est isolée de la tête par un gros tube de quartz à rodages coniques K, est constituée par un tube de cuivre refroidi par une circulation d'eau. Pour l'étude du vide, un tube L permet de connecter l'intérieur de l'anode avec une jauge à ionisation, étalonnée avec un manomètre absolu.

Les caractéristiques statiques d'un tel tube déterminées sur les portions de la courbe, pour lesquelles la grille est négative, sont $K = 20$, $\rho = 500\omega$, $s = 40$ milliampères/volt. Les essais de la triode ont eu lieu en amplificatrice commandée par une lampe pilote du même système, mais dans laquelle les filaments, au nombre de 4 seulement, étaient moitié moins longs. La tension appliquée à la triode de puissance était 7500 volts, le courant anodique, 20 ampères pour une tension négative de polarisation de grille de 300 volts. La puissance H. F. sur $\lambda = 10\,000^{m}$ dépasse 100 KW avec un rendement de 70 pour 100. A ce régime le poste peut fonctionner indéfiniment en trait continu.

Le temps nécessaire pour mettre la puissance maximum sur le tube à partir de la pression atmosphérique est d'environ 50 minutes.

Le temps nécessaire pour remettre en action la lampe arrêtée après fonctionnement est voisin d'une minute si les filaments sont éteints et de quelques secondes si les filaments sont allumés.

SPECTROSCOPIE. — *Sur un système de bandes du mercure au voisinage de sa raie de résonance.* Note [1] de M. **Horia Hulubei**, présentée par M. Jean Perrin.

Lord Rayleigh [2] signale l'existence, au voisinage de la raie de résonance du mercure, des bandes 2538,44; 2537,32; 2535,82; 2535,35; difficiles à observer et à mesurer à cause du voile de la plaque par la raie 2536,52, elles ont été relevées sur des clichés obtenus à l'aide d'une lampe à mercure refroidie à l'eau. Lord Rayleigh présume l'existence, dans cette région, d'autres bandes, et estime qu'une source soigneusement adaptée pourrait permettre leur mise en évidence.

Sur quelques vieux clichés de l'émission ultraviolette d'une lampe à vapeur de mercure brûlant entièrement dans l'eau, pris il y a environ deux ans à l'aide d'un spectrographe Féry (dispersion variant, pour la région étudiée, de 8 à 5 Å/mm), j'ai pu observer aussi un certain nombre de telles bandes.

En première analyse on peut distinguer, dans leur ensemble, deux systèmes :

I. Sur les clichés surexposés pour la raie de résonance, et pour un régime poussé de la lampe (4 à 5 ampères), apparaît un premier système qui accompagne cette raie et s'étend aussi bien vers les grandes que vers les courtes ondes. Ces bandes sont floues, et leur mesure exacte est difficile. Elles paraissent plus facilement vers les courtes-ondes, et s'étendent environ du groupe de raies 2652 au groupe 2482. Leur intensité décroît vite à partir de la raie de résonance. Voici, en chiffres ronds, les maxima d'intensité pour les plus nets :

2487;	2490;	2494;	2497;	2501;	2505;	2509;
2513;	2517;	2521;	2525;	2527;	2529;	2532.

Au voisinage immédiat de la raie 2536,52, le voile trop fort et la superposition d'une série de bandes fines ne permettent pas, sur mes clichés, de suivre plus loin cette série de bandes floues.

D'autres raies fortes, en particulier les groupes 3130 et 3650, sont

(1) Séance du 15 juillet 1931.

(2) Lord Rayleigh, *Nature*, 127, 1931, p. 125.

accompagnées de bandes analogues mais moins nombreuses sur les mêmes clichés.

II. A un régime moins poussé de la lampe (2,4 à 2,8 ampères) et avec des poses pas trop longues, le système précédent s'estompe. Le voile dû à la raie de résonance est moins gênant; un filtre à mercure sous basse pression permet de l'atténuer encore et d'étudier le voisinage immédiat de cette raie. On y distingue de part et d'autre, un deuxième système de bandes, celles-ci très étroites et très nettes, ayant l'aspect de cannelures, assez faciles à relever. Les bandes mentionnées par Lord Rayleigh (¹) en font certainement partie, et les valeurs correspondantes lues sur mes clichés figurent soulignées dans le tableau suivant. Les mesures ont été faites sur plusieurs clichés et les résultats comparés; nous ne donnons que les longueurs d'ondes des bandes dont le pointage a pu être fait avec une précision suffisante, mais on en observe déjà à partir de la raie 2576,29 et elles sont encore visibles jusque vers 2528.

2544,4; 2544,0; 2543,6; 2543,1; 2542,5; 2542,1; 2541,3; 2540,7; **2540,3**; 2539,9; 2539,4; 2538,9; (2538,7); **2538,4**; (2538,2); 2538,0; (2537,7); 2537,5; **2537,3**; (2537,0); 2536,2; **2535,9**; **2535,38**; 2535,1; 2534,6 (²); (2534,3); 2534,1; (2533,8); 2533,4; 2532,9; 2532,5; 2532,1; 2031,6.

On distingue très nettement des bandes moins intenses qui alternent avec les bandes intenses; quelques-unes ont été mesurées; elles figurent entre parenthèses dans le tableau précédent.

Comme pour le système I, d'autres raies fortes du mercure sont, sur ces clichés, encadrées de bandes analogues, aussi fines, moins nombreuses, mais très nettes et plus faciles à mesurer, le voile dû aux raies respectives n'étant pas trop prononcé. A titre d'exemple, voici celles qui accompagnent le groupe 2652,042; 2653,681; 2655,127 :

2651,09; 2651,32; 2651,66; 2652,36; 2652,67; 2653,04; 2653,31; 2654,04; 2654,21; 2654,44; 2654,75; 2655,50; 2655,77.

Les bandes I étant larges et floues, les nombres donnés n'ont pour but que d'aider à les reconnaître.

Les bandes fines II ont pu être mesurées avec plus de précision (erreur maxima 0,05 Å).

(¹) Lord Rayleigh, *loc. cit.*

(²) Lecture gênée par le voisinage de la raie 2534771 ($1p_3 - 3d_3$).

J'ai rapporté mes observations afin de montrer qu'une lampe à vapeur de mercure brûlant dans l'eau, où le mercure distille constamment vers les parois froides, peut constituer une source pratique pour les bandes accompagnant les raies d'arc. Elle émet, en particulier, un spectre très riche de bandes fines assez faciles à mesurer. Celles citées par Lord Rayleigh (1) font partie, comme on l'a vu, d'un système complexe de bandes dont l'étude détaillée, avec une dispersion convenable, pourrait donner des renseignements précis sur la nature de leurs porteurs, et contrôler peut-être l'hypothèse de Franck et Grotrian (2), sur l'existence de molécules métastables excitées à liaison très faible (1,4 cal/mol), hypothèse déjà appuyée, entre autres, par les travaux de Lord Rayleigh (3) sur l'émission des bandes du mercure distillant, et ceux de Kroebel (4) sur l'absorption du spectre infrarouge de rotation-vibration dans la vapeur de mercure distillant excitée.

DIFFUSION MOLÉCULAIRE. — *Sur la dépolarisation des raies de l'ion* CO^3 *dans le spectre de la lumière diffusée par un cristal de calcite.* Note (5) de M. **J. Cabannes** et Mlle **D. Osborne**.

L'un de nous a déjà publié (6) quelques expériences sur la dépolarisation des raies Raman diffusées par le quartz et la calcite. Ces expériences ont montré que le facteur de dépolarisation pouvait être supérieur à l'unité. Cette *dépolarisation anomale*, liée à la structure cristalline, a été retrouvée par Menzies dans le quartz (7) et par les collaborateurs de Schaefer dans la calcite (8).

Mais, tandis que les mesures de Menzies concordent avec les premières, celles de Schæfer présentent de graves divergences, et ce désaccord nous a amenés à reprendre avec soin les recherches expérimentales sur la calcite.

---

(1) Lord Rayleigh, *loc. cit.*

(2) Franck et Grotrian, *Zts. f. Phys.*, 4, 1921, p. 89; Franck, *Zts. f. phys. Chemie*, 120, 1926, p. 144.

(3) Lord Rayleigh, *Proc. Roy. Soc.*, 114, 1927, p. 620 et *passim*.

(4) Kroebel *Zts. f. Phys.*, 56, 1929, p. 114.

(5) Séance du 15 juillet 1931.

(6) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 249 et 1041; *Transactions of the Faraday Society*, 1929, p. 813.

(7) *Trans. of the Far. Soc.*, 1929, p. 836.

(8) F. Matossi, *Zeitschrift für Physik*, 64, 1930, p. 34; Cl. Schæfer, F. Matossi et H. Aderhold, *ibid.*, 63, 1930, p. 319.

Le présent travail infirme les conclusions de Schaefer; il précise et rectifie certains des résultats publiés par l'un de nous; aussi nous a-t-il paru bon de le faire connaître à son tour.

I. Nous avons d'abord mesuré avec plus de précision les changements de fréquence des raies Raman. Voici les nouvelles valeurs (évaluées en nombres d'ondes par centimètre dans l'air) :

+281,3	+154,5	−157,4	−283,8
−712,1	−1087,3	−1436,6	−1752,0

II. Parmi les vibrations ainsi mises en évidence, il y en a qui peuvent être considérées comme des *vibrations internes* de l'ion CO^3; on les retrouve à peine modifiées dans tous les carbonates cristallisés ou dissous. Nous ne nous occuperons que de celles-là. Les *fréquences fondamentales* du système plan CO^3 [évaluées théoriquement par Nielsen (¹) en fonction des distances qui séparent les atomes et des forces qui les maintiennent dans leur position d'équilibre] sont au nombre de quatre. On en retrouve trois dans les spectres de diffusion : 712, 1087 et 1437. La seconde est la fréquence avec laquelle le triangle équilatéral formé par les atomes d'oxygène se contracte et se dilate sans qu'un moment électrique apparaisse pendant ce mouvement; les deux autres (²) correspondent à des vibrations atomiques dans le plan CO^3 avec apparition d'un moment électrique variable, normal à l'axe ternaire. La fréquence 1087 est la *fréquence inactive* de Schaefer, qui ne se manifeste pas dans le spectre d'absorption infrarouge; les deux autres vibrations absorbent le rayon ordinaire.

Malgré ces données, la théorie paraît actuellement encore insuffisante pour prévoir l'état de polarisation des raies Raman correspondantes. D'après Schaefer, quelle que soit l'orientation du cristal, la polarisation est toujours la même pour les trois raies. Or nous avons pu confirmer dans le travail actuel le résultat primitif publié par l'un de nous : la raie 1087 ne se comporte pas comme les raies 712 et 1437 (¹). Le tableau suivant, dans lequel

(¹) *Physical Rewiew*, 32, 1928, p. 773.

(²) Nous avions admis au début que la raie 1437 représentait la première harmonique de la vibration fondamentale 712. Schaefer la considérait comme une fondamentale. Nous nous sommes ralliés à l'opinion de Schaefer. D'une part l'étude théorique des fréquences fondamentales du système CO^3 permet de calculer l'une d'elles si l'on connaît les trois autres : on retrouve ainsi une fondamentale voisine de 1437. D'autre part dans le nitrate de sodium la raie 1391 (analogue de 1437) est plus intense que la raie 730 (analogue de 712); ce ne peut donc pas être une harmonique.

Ox désigne le rayon incident, Oy le rayon diffusé et Oz la normale aux deux rayons, résume clairement nos résultats. Le facteur de dépolarisation ρ est le rapport des intensités i et I des deux vibrations parallèles l'une à Ox, l'autre à Oz, le long du rayon diffusé.

	Vibration incidente suivant Oz.		Vibration incidente suivant Oy.	
Axe ternaire :	Raie 1087.	Raies 712 et 1437.	Raie 1087.	Raies 712 et 1437.
Suivant Oy...	$\rho = 1$ ($I = i = 0,5$)	$\rho = 0$	pas de diffusion	pas de diffusion
Suivant Ox...	$\rho = 0$ ($I \sim 0,5$)	$\rho \sim 0,8$	$\rho = 0$ ($I \sim 0,5$)	$\rho \sim 0,8$
Suivant Oz....	$\rho = 0$ ($I = 0,23$)	$\rho \sim 6$	pas de diffusion	$\rho \sim 6$

On voit immédiatement que la théorie classique, développée par l'un de nous avec Rocard, est impuissante à expliquer ces résultats. Mais la théorie de Kramers-Heisenberg nous paraît elle-même insuffisante dans son état actuel. Considérons par exemple la raie 1087. Puisque l'intensité i n'est pas nulle lorsqu'une vibration parallèle à Oz tombe sur un cristal dont l'axe est parallèle à Oy, on ne voit pas immédiatement pourquoi l'intensité I est nulle lorsqu'une vibration parallèle à Oy tombe sur un cristal dont l'axe est parallèle à Oz. Mais on sait que l'émission d'une raie Raman (m, n) fait intervenir *au moins* un état intermédiaire x et les deux transitions $m \to x \to n$; il faut admettre que ces transitions ne sont pas *intérieures* à l'ion CO^3, mais que le cristal pris en bloc joue un rôle, et que la probabilité de l'émission varie avec la direction du rayon diffusé par rapport à l'axe ternaire.

L'étude de l'effet Raman, préférable à celle de l'absorption infrarouge pour la recherche des fréquences, ne permet pas de connaître aussi facilement la direction des vibrations atomiques qui leur correspondent.

PHYSIQUE. — *Sur la décomposition, par un champ magnétique transversal, des bandes d'absorption du xénotime. Conditions de symétrie en relation avec la symétrie cristalline. Nouvelle interprétation de l'effet magnéto-électrique.* Note (²) de MM. **Jean Becquerel** et **Louis Matout**, présentée par M. Cotton.

On sait que, lorsqu'une lame de xénotime normale à l'axe optique est traversée dans la direction de cet axe par un faisceau lumineux et est soumise à un champ magnétique transversal, on observe à l'aide d'un analyseur

(¹) L'état de polarisation de la raie de combinaison 1752 est le même que celui de la raie 1087.

(²) Séance du 15 juillet 1931.

bicirculaire deux spectres différents, sous la condition que la lumière incidente soit polarisée rectilignement. Ces spectres varient avec l'orientation de la vibration incidente ainsi qu'avec l'orientation des axes binaires du cristal ([1]).

Quand on fait tourner la lame autour de l'axe optique, on reconnaît qu'il existe quatre orientations, O_{11}, O_{12} rectangulaires, O_{21}, O_{22} à 45° des précédentes, pour lesquelles les deux spectres deviennent identiques lorsque la vibration incidente est, soit parallèle, soit normale au champ. Les orientations O_{11}, O_{12} d'une part, O_{21}, O_{22} d'autre part, sont équivalentes, mais ces deux paires d'orientations donnent des résultats différents, qui pour chacune d'elles ne sont pas les mêmes suivant que la vibration incidente est parallèle ou est normale au champ.

Pour chacune de ces orientations privilégiées du cristal, les spectres juxtaposés obtenus avec l'analyseur bicirculaire deviennent différents si la vibration incidente est oblique sur le champ; des vibrations symétriques par rapport à la direction du champ donnent les mêmes effets, mais avec permutation des deux spectres.

Le cristal, étant tétragonal, possède deux axes binaires de première espèce, rectangulaires, et deux axes de deuxième espèce à 45° des précédents. Il est évident, par raison de symétrie, que les orientations privilégiées correspondent aux cas où l'un des axes binaires est parallèle au champ magnétique. Comme on devait s'y attendre, le champ électrique interne reflète la symétrie du réseau cristallin.

Quand l'orientation des axes binaires est quelconque, on trouve encore une règle de symétrie : pour deux orientations du polariseur symétriques par rapport au champ magnétique, on obtient les mêmes spectres, mais permutés, en retournant la lame (rotation de 180° autour de la direction du champ).

Un fait remarquable est qu'*il existe deux sortes de bandes d'absorption complètement distinctes :* les unes donnent des effets indépendants de l'orientation des axes binaires; les autres obéissent à une règle extrêmement simple : partant d'orientations données quelconques des axes binaires et de la vibration incidente, si l'on fait tourner les axes binaires d'un angle arbitraire, on retrouve l'effet initial en faisant tourner la vibration incidente d'un angle double, dans le même sens. Cette régle comporte comme cas particulier que, pour ces bandes, les spectres obtenus avec les orientations

---

([1]) Jean Becquerel, et Louis Matout, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1091.

O_{11} ou O_{12} d'une part, O_{21} ou O_{22} d'autre part, sont les mêmes pour des vibrations incidentes rectangulaires.

Les effets observés ont été interprétés précédemment en admettant que le champ magnétique sépare des composantes polarisées circulairement par le champ électrique interne. Cette interprétation est basée sur les faits suivants : 1° rétablissement de lumière entre nicols croisés aux environs de certaines bandes, même quand la vibration incidente est parallèle ou normale au champ, ce qui est contraire à ce qu'on observe dans l'effet Zeeman transversal; 2° déplacement des franges d'un compensateur de Babinet précédé d'une lame quart d'onde, dans le voisinage des bandes, ce qui révèle une différence de marche entre deux vibrations circulaires de sens opposés; 3° décalages très francs entre les bandes observées dans les deux spectres obtenus avec un analyseur bicirculaire.

Ces faits peuvent sembler décisifs; cependant l'hypothèse de composantes polarisées circulairement, variables avec les orientations des axes binaires et de la vibration incidente, soulève des difficultés qui paraissent insurmontables.

Il convient alors de se demander s'il n'y aurait pas une autre interprétation. Remarquons d'ailleurs que c'est une faute de principe que d'étudier l'absorption en utilisant à la fois un polariseur et un analyseur, car, d'une façon générale, au voisinage des composantes séparées par le champ l'effet de l'analyseur sur les radiations dont l'état de polarisation est rapidement variable avec la longueur d'onde peut fausser l'aspect du véritable spectre d'absorption; les décalages entre les bandes des deux spectres observés avec un analyseur bicirculaire et leurs variations pourraient en résulter.

Il est donc logique de penser que, malgré les apparences, les composantes sont fixes et polarisées rectilignement. Certaines bandes se comporteraient comme dans l'effet Zeeman (composantes polarisées parallèlement et normalement au champ), mais les autres auraient leurs composantes polarisées dans deux directions rectangulaires qui, lorsqu'on fait tourner les axes binaires, tourneraient d'un angle double : c'est par cet effet, où la polarisation n'est plus la même que dans l'effet Zeeman, que se manifesterait l'influence du champ électrique interne.

Des bandes des deux espèces se rencontrent dans tous les groupes et il n'y a aucune raison de penser que ces deux catégories sont dues à des éléments différents.

Une discussion approfondie montrerait que la nouvelle interprétation peut expliquer tous les résultats, même l'apparence de pouvoir rotatoire.

L'effet magnéto-électrique serait, non pas un véritable pouvoir rotatoire, mais une biréfringence avec rotation des directions principales quand on fait tourner la lame autour de l'axe optique.

Des expériences sont en cours pour décider entre cette interprétation et celle qui avait été antérieurement donnée.

POLARISATION ROTATOIRE MAGNÉTIQUE. — *Sur l'invariant de rotation magnétique de quelques substances organiques rendues liquides par fusion.* Note de M. **Constantin Salceanu**, présentée par M. A. Cotton.

D'après la théorie moléculaire de la rotation magnétique ([1]) l'expression $\frac{\Lambda n\, d}{(n^2-1)^2}$, où Λ désigne la constante de Verdet, n et d l'indice de réfraction et la densité d'une substance donnée, doit être indépendante de l'état physique et de la loi particulière du champ intérieur.

Nous avons cherché à vérifier cette expression dans le cas de quelques substances organiques rendues liquides par fusion.

Les rotations magnétiques ont été mesurées au moyen du dispositif décrit dans une Note antérieure ([2]).

Les indices de réfraction des substances fondues ont été mesurés par la méthode du prisme creux perfectionnée par Morton Masius et W. E. Lawton ([3]). L'indice N est donné par la formule d'interpolation

$$N \sin\frac{1}{2}(\delta'-\delta) = n \sin\frac{1}{2}(\delta'-D) + n' \sin\frac{1}{2}(D-\delta),$$

qui exige la connaissance précise pour deux substances connues de deux indices de réfraction et de deux minimum de déviation. On utilise successivement les trois arêtes du prisme.

Le prisme est entouré d'un four électrique pourvu de deux fenêtres mobiles.

Le tableau suivant donne, pour diverses températures, les valeurs

([1]) De Mallemann, *Journal de Phys.*, 7, 1926, p. 295.

([2]) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1316.

([3]) Morton Masius et W. E. Lawton, *Journ. Opt. Soc. of America*, 21, 1931, p. 232.

de l'expression $\frac{\Lambda nd}{(n^2-1)^2}$; on voit qu'elle croît lentement quand la température s'élève.

t.	n.	d.	$\frac{(n^2-1)^2}{nd}$.	$\Lambda.10^5$.	$\frac{\Lambda nd}{(n^2-1)^2}.10^5$.
			β-méthylnaphtalène.		
34°	$1,605_6$	0,966	1,602	4512	2816
49	$1,599_7$	0,960	1,584	4449	2809
78,5	$1,586_4$	0,949	1,524	4359	2860
111,7	$1,569_5$	0,932	1,461	4187	2866
142,5	1,551	0,912	1,395	4039	2895
174	$1,528_6$	0,883	1,318	3879	2943
			Triphénylméthane.		
100°	1,595	1,009	1,479	3665	2477
120	$1,586_5$	0,996	1,456	3630	2493
140	$1,577_5$	0,983	1,427	3593	2517
160	1,568	0,969	1,399	3551	2538
180	1,558	0,954	1,370	3504	2557
			Phénanthrène.		
110°	1,660	1,058	1,753	5666	3232
130	1,650	1,046	1,718	5591	3254
150	$1,639_5$	1,031	1,682	5506	3273
170	1,629	1,018	1,648	5408	3281

Siertsema a montré, en étudiant le pouvoir rotatoire magnétique des gaz et des liquides correspondants, que la variation que subit la valeur spécifique de la constante de Verdet lors du passage de l'état liquide à l'état gazeux est d'autant plus importante que la dispersion du corps s'écarte davantage de la loi de Biot. Or toutes nos substances s'écartent de cette loi et montrent une dispersion magnétique très particulièrement marquée, qu'on peut attribuer au voisinage de bandes d'absorption.

La température influant sur la position des maxima de ces bandes, leur déplacement modifie probablement alors la loi de la dispersion magnétique. C'est ce qui expliquerait les variations que nous avons observées.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'hydrolyse du sulfate de cuivre.* Note ([1]) de Mlle **Quintin**, présentée par M. J. Perrin.

On sait l'importance que présente, au point de vue chimique, la connaissance des équations d'équilibre dans les solutions hydrolysées.

Un grand nombre d'auteurs se sont bornés à déterminer la variation de l'activité de l'ion H^+ au cours de la dilution. Mais ceci ne constitue qu'une partie du problème, la concentration étant liée par une fonction inconnue, qui reste à déterminer, aux activités des autres ions et composés présents dans la solution.

Les résultats sont contradictoires; les solutions, n'étant pas tamponnées en ions H^+, sont très sensibles à toute variation des facteurs de l'équilibre; par exemple, l'adsorption à la surface du platine platiné limite considérablement l'emploi de l'électrode à hydrogène dans de telles solutions.

Récemment Kolthoff ([2]) a étudié une technique de mesure du pH en solutions non tamponnées par l'électrode à hydrogène et obtenu, avec SO^4Zn, grâce à des déterminations très soignées, des résultats réguliers. Les mesures reprises sur le même sel avec l'électrode à quinhydrone par M. Dupont ([3]) s'écartent notablement, en solutions diluées, de celles de Kolthoff.

Dès 1927 ([4]), en faisant l'étude électrométrique des solutions de sels de métaux lourds, j'avais déterminé la variation de pH de solutions de SO^4Zn, en fonction de la molarité m, et obtenu pour $pH = f(\log m)$ une droite qui, pour les concentrations élevées, est parallèle à la partie rectiligne de la courbe de Kolthoff. J'ai à cette époque obtenu, pour toutes les solutions étudiées, une relation linéaire, entre le pH de la solution et le logarithme de l'activité de l'ion métallique $[a\mathrm{Me}^{++}]$ ou, ce qui revient au même, le potentiel d'une électrode de métal Me, plongeant dans la solution; et remarqué que le choix de ces deux variables, pH et $[a\mathrm{Me}^{++}]$ conduisait, dans l'étude de l'hydrolyse des solutions considérées, à une meilleure systématisation que les variables usuelles, pH et m.

De nouvelles mesures ont été faites sur SO^4Cu.

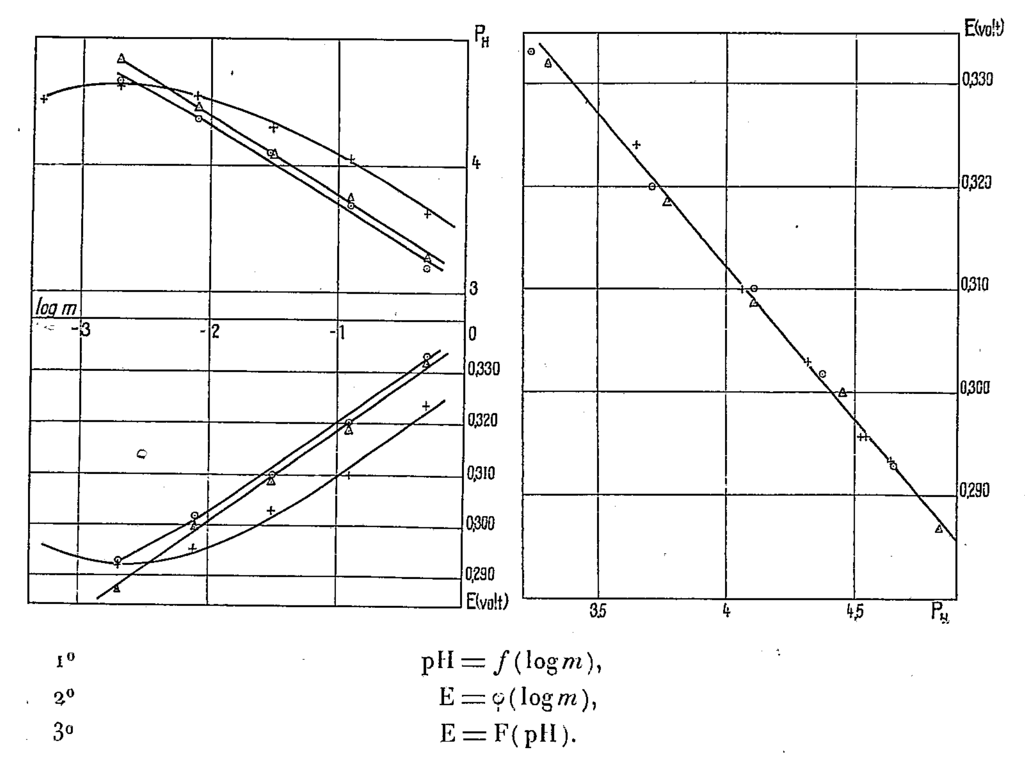
Les pH étaient mesurés à l'aide de l'électrode à quinhydrone en prenant

([1]) Séance du 15 juillet 1931.
([2]) *J. Am. Chem. Soc.*, 53, 1931, 821.
([3]) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1643.
([3]) *J. Chim. phys.*, 24, 1927, p. 712.

les précautions usuelles dans le cas des solutions non tamponnées (élimination de CO^2, par déterminations sous azote) et étaient reproductibles à 0,03 unité de pH environ.

Les potentiels étaient pris à l'aide d'électrodes métalliques pures soigneusement décapées et lavées; sauf dans le cas d'électrodes décapées à NO^3H et insuffisament lavées, les potentiels, dans les solutions débarrassées d'oxygène par ébullition préalable de l'eau ou barbotage d'azote, sont stables à 1 millivolt près.

Les courbes ci-dessous représentent à 18°, pour SO^4Cu, à divers états de purification :



1° $pH = f(\log m)$,

2° $E = \varphi(\log m)$,

3° $E = F(pH)$.

On voit que, dans le troisième mode de représentation, tous les points se placent sur la même droite, bien que les acidités initiales soient notablement différentes, et que l'allure de la variation du pH en fonction de la molarité du sel ne concorde pas dans les trois cas.

Ces résultats montrent que l'étude systématique de l'hydrolyse doit être faite en prenant comme variables l'activité de l'ion H^+ et celle de l'ion métallique.

RADIOCHIMIE. — *Sur le rôle de l'eau dans les piles photovoltaïques.* Note (1) de M. **René Audubert**, présentée par M. J. Perrin.

Les actions de la lumière sur les électrodes de métaux altérés (Cu | CuO, Cu | Cu^2O, Cu | CuI, Hg | Hg^2I^2, Hg | Hg^2Br^2, Ag | Ag^2S, Ag | AgI, Ag | AgBr, etc.) ont donné lieu à des explications diverses. On a cherché, en particulier, à rapprocher ces phénomènes soit des effets photoélectriques, soit de la variation de résistance que peuvent présenter à l'état solide certaines des substances photosensibles. En réalité ces hypothèses sont impuissantes à rendre compte de l'ensemble des propriétés des piles photovoltaïques. Il est logique de chercher une explication générale plutôt que de faire appel à des théories particulières.

Dans un travail antérieur (2) j'ai montré que les résultats obtenus avec des électrodes de métaux purs (or et platine) conduisaient à admettre que les photopotentiels pouvaient être attribués dans ce cas à une action de l'hydrogène ou de l'oxygène résultant d'une photolyse de l'eau sous l'influence du rayonnement. Le fait que les substances photosensibles sont des composés facilement réductibles ou des sels de métaux possédant plusieurs degrés d'oxydation, c'est-à-dire susceptibles de participer à des équilibres d'oxydation-réduction, permet de supposer que les photopotentiels des électrodes altérées peuvent, eux aussi, se rattacher à la photolyse de l'eau.

Une telle hypothèse postule que la présence d'eau doit être indispensable. Les forces électromotrices photovoltaïques n'ont été mesurées qu'en solutions aqueuses, aussi était-il intéressant d'examiner comment se comportaient les électrodes photosensibles dans des solvants organiques rendus conducteurs par addition d'électrolyte. C'est ainsi que j'ai étudié les électrodes de CuI, Cu^2O, CuO, Ag^2S, Hg^0I^2, dans divers solvants tels que l'acétone, l'éther, l'alcool méthylique, l'alcool éthylique, l'acétate de méthyle, l'acétate d'éthyle, l'acétate de propyle, l'acétate d'isobutyle, le dioxyde de butyle rendus conducteurs par l'iodure de sodium ou l'iodure de potassium. Dans toutes ces solutions le potentiel est stable et la conductibilité est suffisante pour que la mesure en soit effectuée, par rapport à une

(1) Séance du 15 juillet 1931.

(2) R. Audubert, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 800 et 1265.

électrode au calomel, à l'électromètre capillaire avec une assez grande précision ($\pm 0,5.10^{-3}$ volt).

On constate que dans ces conditions les photopotentiels sont nuls, aux erreurs d'expérience près, ou faibles par rapport à ceux mesurés en solutions aqueuses. Les effets résiduels observés sont particulièrement élevés avec des solvants difficiles à déshydrater (alcool éthylique par exemple) et avec les composés photosensibles qui se présentent sous forme poreuse : CuO, CuI, Ag^2S, Hg^2I^2 ; avec des lames de cuivre recouvertes d'oxyde cuivrique dont la capacité d'absorption à l'égard de la vapeur d'eau est bien connue, le photopotentiel en solution organique peut être de 20 pour 100 environ, au maximum, de sa valeur en solution aqueuse (solution de KI) ; avec une matière compacte telle que l'oxyde cuivreux, il est le plus souvent nul. Ces effets résiduels doivent être dus à de l'eau adsorbée par la surface de l'électrode. En effet, si on laisse les lames dans une étuve à la température de 140°C. sous une pression de $0^{mm},1$ de mercure pendant 28 heures par exemple, on élimine une grande partie de la vapeur d'eau adsorbée, les photopotentiels mesurés en solutions organiques sont alors, sinon tous nuls, du moins beaucoup plus petits. Placés de nouveau en contact d'une solution aqueuse, les électrodes redonnent les valeurs initiales à condition d'attendre que l'équilibre d'adsorption correspondant au déplacement des molécules organiques par les molécules d'eau soit atteint ; ce qui exige un temps lié au degré de dessiccation. Le tableau suivant, extrait d'une série de mesures, est donné à titre d'indication.

Photopotentiels en 10^{-3} volt pour un éclairement de 150 lux environ.

Électrodes.	Dans solution aqueuse KI $\frac{m}{200}$. I.	Dans acétate de propyle + KI saturé: après dessiccation rapide. II.	Dans acétate de propyle + KI saturé: après séjour de 26 h. à 140° sous $0^{mm},1$ de pression. III.	Après 15 heures de séjour dans solution aqueuse de KI $\frac{m}{200}$. IV.
Ag | Ag^2S	− 22	− 3,5	−1,8	− 20
Hg | Hg^2I^2	+ 22	+ 1,5	1,0	+ 20
Cu | CuO, couche peu épaisse.	+100	+ 8,0	+1,5	+ 98
Cu | CuO, couche épaisse	+110	+22	+4,0	+105
Cu | Cu^2O — CuO	+120	+10,0	+3,0	+105
Cu | Cu^2O	+ 86	0	0	+ 74

Les expériences ont été effectuées dans l'ordre I, II, III, IV.

Ces résultats établissent que l'eau joue un rôle essentiel dans les phénomènes photovoltaïques, et que son influence s'exerce principalement dans la couche d'adsorption à la surface de l'électrode.

RADIOACTIVITÉ. — *Purification du protactinium fixé sur l'oxyde de tantale en vue du dosage du protactinium dans les minerais radioactifs.* Note de M. **Tcheng Da-tchang**, présentée par M. G. Urbain.

La question de l'origine de la famille de l'actinium n'est pas encore complètement résolue. Suivant qu'on admet que cette famille dérive de l'uranium I, constituant principal de l'uranium, ou d'un constituant hypothétique U III, et suivant les proportions présumées de U III à U I, on peut s'attendre à un rapport constant entre les quantités de protactinium et d'uranium dans les différents minerais radioactifs, ou bien à un rapport variable avec l'âge du minerai. James E. Wildish [1] a déterminé les quantités de protactinium et d'uranium dans cinq minerais différents et a trouvé un rapport variable (1,47 à 5,16 pour 100). Nous reprenons cette étude dans le but de contrôler ces résultats.

La principale difficulté du dosage du protactinium dans les minerais radioactifs est sa purification. Vue sa très faible quantité, l'un quelconque des éléments radioactifs entraînés fausserait les résultats du dosage.

En étudiant la liste des radioéléments, nous constatons qu'il y en a principalement trois à éliminer, à savoir le radium (avec les éléments analogues : MsTh I, Ac X), l'ionium (avec les éléments analogues : Th, Ra Ac, Ra Th, UX) et le polonium, les autres ne sont pas à considérer, soit à cause de la courte durée de leur vie, soit à cause de leur élimination facile.

Le premier minerai que nous avons étudié pour établir nos méthodes de purification est la pechblende du Congo. L'entraîneur du protactinium était l'oxyde de tantale. Celui-ci (200^{mg}) est ajouté au minerai, soit par fusion au bisulfate, d'après la méthode de Hahn et Meitner [2], soit par addition de sa solution dans l'acide sulfurique additionné d'eau oxygénée, à la solution sulfurique du minerai. Après hydrolyse, on sépare l'acide tantalique insoluble et on le soumet aux traitements suivants :

1. *Séparation du radium.* — La séparation du radium est la plus difficile. Wildish (*loc. cit.*) employait des dissolutions répétées du gel d'acide tantalique dans l'acide fluorhydrique dilué avec reprécipitation par l'ammoniaque. Cette méthode sépare bien le radium, mais l'inconvénient consiste dans le risque d'une perte appréciable en acide tantalique, vu le nombre considérable des opérations effectuées. Nous avons

(1) *J. Am. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 163.

(2) *Ber. Deut. chem. Ges.*, 52, 1919, p. 1812.

constaté, en effet, qu'il fallait répéter soigneusement une dizaine de fois ces opérations pour avoir une séparation satisfaisante du radium. Nous avons préféré employer le sulfate de baryum dans des conditions convenables, pour entraîner le radium. L'acide tantalique actif est fondu avec 50^{mg} de SO^4Ba dans 10^g de SO^4KH. Après refroidissement, on reprend la masse fondue par l'eau maintenue à l'ébullition.

On filtre et on lave soigneusement le précipité pour enlever la totalité du sel de potassium. Ensuite on dissout l'acide tantalique par l'acide fluorhydrique dilué sur le filtre transporté sur un entonnoir paraffiné, ce qui sépare le SO^4Ba insoluble. Il faut noter qu'on doit employer SO^4Ba en petite quantité pour éviter l'entraînement de traces d'acide tantalique. La solution fluorhydrique de tantale est additionnée de $SO^4(NH^4)^2$ et précipitée par l'ammoniaque en excès. L'addition de sulfate d'ammonium a pour effet de rendre le gel d'acide tantalique plus facile à filtrer et à laver. On répète la dissolution par l'acide fluorhydrique et la précipitation par l'ammoniaque une ou deux fois pour séparer complètement les impuretés insolubles dans HF ou solubles dans NH^4OH.

2. *Séparation de l'ionium.* — La séparation de l'acide tantalique du sulfate de baryte par dissolution dans l'acide fluorhydrique sépare en même temps l'ionium fixé sur le SO^4Ba insoluble dans l'acide fluorhydrique dilué.

3. *Séparation du polonium.* — Nous avons employé le sélénium comme entraîneur du polonium; les conditions d'emploi ont été données dans une Note précédente (¹).

Après l'ensemble de ces traitements, on retrouve presque tout l'acide tantalique mis en œuvre (95 à 97 pour 100), la faible perte de poids est due inévitablement au grand nombre d'opérations chimiques qu'il a fallu employer pour la purification.

En répétant à nouveau ces opérations sur l'oxyde de tantale protactinifère ainsi purifié, on constate que l'activité du rayonnement α est retrouvée intégralement et qu'elle reste constante avec le temps, ce qui prouve que les méthodes de purification sont efficaces et n'entraînent pas de perte du protactinium. Les activités sont mesurées à l'électroscope Danne dans les conditions données dans une Note précédente (¹).

Nous poursuivons le dosage du protactinium dans les minerais radioactifs.

(¹) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1723.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La graphitisation des aciers à basse température.* Note de MM. **Albert Portevin** et **Pierre Chevenard**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'aptitude des aciers et des fontes à subir la graphitisation par chauffage augmente avec la température et avec les teneurs en carbone et en silicium. Ce résultat ressort notamment du diagramme que nous avons publié dans une Note antérieure (¹) et qui représente, en fonction des teneurs en carbone et en silicium, la température initiale de la graphitisation spontanée, au cours d'une chauffe poursuivie à la vitesse de 250° par heure.

Cette température croît à mesure que les teneurs en carbone et en silicium diminuent. Elle se relève très vite dès que ces teneurs s'abaissent respectivement au-dessous de 2 et 1 pour 100 : dans ces conditions de chauffage, la graphitisation des aciers ($C \leqq 1,7$ pour 100) pauvres en silicium ($Si \leqq 0,5$ pour 100) est irréalisable. Dans les aciers tenant 1 à 1,7 pour 100 de carbone, la formation de graphite n'a jamais été observée que d'une manière accidentelle, *après recuit prolongé à haute température* (²).

Nous avons donc été surpris, au cours de nos recherches sur le revenu des aciers trempés et hypertrempés, de constater *dès* 575° la graphitisation d'un acier à 1,60 pour 100 C, tenant 0,28 pour 100 Si et 0,16 pour 100 Mn.

Ce phénomène apparaît grâce à la grande sensibilité de la méthode dilatométrique. L'acier est trempé à 1180° dans l'eau, traitement qui donne un mélange à proportions sensiblement égales de martensite et d'austénite. Puis il est étudié au dilatomètre différentiel selon la technique des revenus isothermes : la température s'élève à raison de 250° par heure, demeure constante pendant 7 heures et décroît enfin à l'allure du refroidissement spontané du four du dilatomètre. La figure 1 montre un diagramme ainsi enregistré pour une température de revenu de 602°.

La courbe de chauffe met en évidence les phénomènes, désormais élucidés, du revenu des aciers partiellement hypertrempés : décarburation de la martensite, décarburation de l'austénite et transformation $\gamma \rightarrow \alpha$. Le retour à l'état d'équilibre $Fe\alpha + Fe^3C$, accusé par une contraction, se

(¹) P. Chevenard et A. Portevin, *Influence du carbone et du silicium sur la graphitisation des fontes blanches* (*Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1283).

(²) Voir notamment F. Rapatz et H. Pollack, *Ueber Schwarzbruck* (*Stahl und Eisen*, 44, 1924, p. 1509).

parachève pendant les premières heures du revenu isotherme. *Puis il se produit une expansion, qui traduit la graphitisation de la cémentite.*

La preuve en est fournie par l'étude quantitative de l'anomalie dilatométrique de la cémentite. Dans la figure 2, la courbe 1 correspond à l'acier

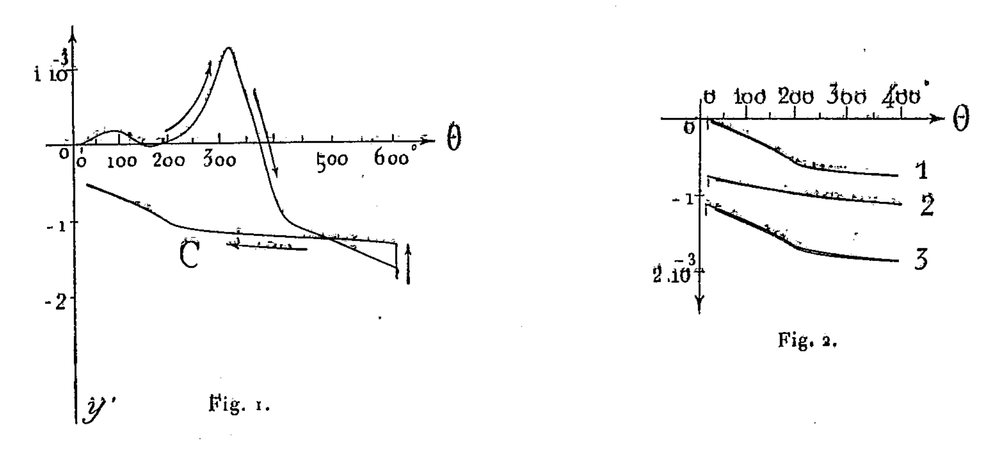


Fig. 1.

Fig. 2.

recuit : l'anomalie, caractérisée par un changement de direction à 210°, point de Curie de Fe^3C, a sa plus forte intensité. La courbe 2 concerne un échantillon trempé à 1180° et revenu pendant 21 heures à 660°, dans une atmosphère d'oxyde de carbone; ce traitement a produit une forte expansion atteignant $7,6.10^{-3}$ et a fait passer la dureté Brinell de 340 à 110 kg/mm²; l'acier ainsi traité est presque exempt de l'anomalie de la cémentite et le graphite est décelable au microscope. Il suffit de recuire le même échantillon au-dessus de Ac^3 pour restituer la cémentite (courbe 3).

Nous avons donc amené à l'état fer-graphite un acier pratiquement exempt de silicium, par chauffage au-dessous du point A_1, ce qui n'avait pas encore été réalisé. On sait, par les travaux de T. Kikuta et H. Sawamura sur les fontes blanches et nos propres essais sur les fontes grises [1], combien la finesse de structure facilite la décomposition de la cémentite : nul doute que, dans le cas présent, l'extrême petitesse des grains de cémentite précipités par revenu ne joue un rôle prépondérant.

Cette décomposition de la cémentite d'un acier, à une température très inférieure aux valeurs admises pour la température de graphitisation, prouve qu'il n'existe pas, en toute rigueur, de limite inférieure de cette

---

(1) A. PORTEVIN et P. CHEVENARD, *Influence de la finesse de structure lors du recuit des fontes grises* (*Comptes rendus*, 189, 1929, p. 759).

température. La température initiale de graphitisation, dont nous avons parlé, n'a de signification que pour des conditions de chauffe bien définies et des conventions bien spécifiées, quant aux procédés d'étude du phénomène et aux valeurs admises pour en caractériser le début.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur la déflagration et la détonation du fulminate de mercure*. Note [1] de MM. P. Laffitte et M. Patry, présentée par M. H. Le Chatelier.

I. Nous avons incidemment signalé [2] que, dans certaines conditions, le fulminate de mercure semblait prendre le régime de la déflagration et non celui de la détonation. Or il est généralement admis que ce corps ne peut que détoner. Aussi nous a-t-il semblé intéressant d'étudier cette propriété. Nous nous sommes servis de la variété grise de fulminate que nous préparions par l'action de l'alcool à 95° sur une solution de mercure dans l'acide azotique à 40° B. Le produit ainsi obtenu (entièrement soluble dans la pyridine) était ensuite desséché pendant plusieurs jours dans le vide phosphorique.

Lorsqu'on chauffe rapidement une petite quantité (environ $0^g,1$) de fulminate sur du papier assez mince au-dessus de la flamme d'un bec Bunsen, on obtient une décomposition violente du fulminate sans que le papier soit percé. Au contraire une même quantité d'azothydrate de plomb, N^6Pb, chauffé non plus sur du papier mais sur une feuille de nickel de $0^{mm},3$ d'épaisseur, produit dans la plaque métallique un trou dont le diamètre est d'environ 1^{cm}. D'autre part, lorsqu'on décompose du fulminate par l'action d'un choc, on perçoit un bruit incomparablement plus violent que lorsqu'on produit la décomposition par élévation de température. On n'observe rien de semblable dans le cas de l'azothydrate de plomb.

Après ces expériences préliminaires nous avons procédé à l'enregistrement photographique en amorçant la décomposition du fulminate soit par un détonateur, soit à l'aide de cordeau Bickford. En utilisant un détonateur on obtient toujours une détonation, que le fulminate soit à l'air libre ou contenu dans un tube. La figure 1 a ainsi été obtenue en provoquant la

(1) Séance du 6 juillet 1931.
(2) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 948.

détonation d'une traînée de fulminate (de 40^{cm} de longueur, 1^{cm} de largeur et $0^{cm},5$ de hauteur environ) à l'aide d'un détonateur de $1^{g},5$.

Mais en utilisant un cordeau Bickford on n'obtient pas le régime détonant lorsqu'on dispose le fulminate à l'air libre si la traînée est suffisamment étroite (moins de 1^{cm} de largeur). On a alors une combustion

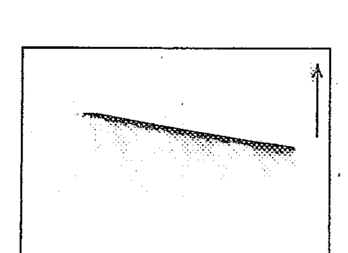


Fig. 1.

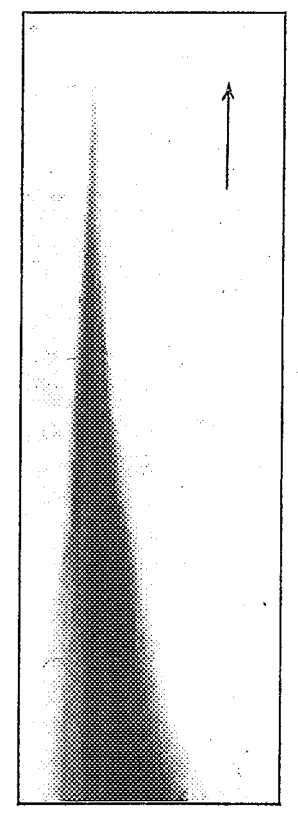


Fig. 2.

dont la photographie est tout à fait analogue à celle d'un mélange gazeux, comme on peut le voir d'après la figure 2. La vitesse de propagation de la déflagration est, au début, de quelques mètres par seconde, alors que celle de la détonation est de l'ordre de 2500 m/sec. D'ailleurs, pour obtenir une photographie de dimensions convenables nous avons dû, dans le cas de la figure 2, réduire considérablement la vitesse de déplacement du film. Il faut noter que, si l'on met le fulminate dans un tube, on obtient toujours une détonation, même en amorçant avec le cordeau Bickford. Avec l'azo-

thydrate de plomb nous n'avons jamais obtenu que le régime détonant, même avec une très mince traînée à l'air libre amorcée par du cordeau Bickford.

II. D'après les expériences précédentes, le fulminate de mercure étant susceptible de se décomposer à l'air libre suivant le régime de la déflagration, il doit, lorsqu'on en chauffe une petite quantité à l'air, se produire une simple déflagration. Donc la température que l'on détermine en projetant du fulminate sur une surface chauffée ne correspond pas à une détonation. Les nombres publiés sont discordants; Berthelot (1) trouve 187°, Wöhler et Metter (2) indiquent 190° comme température d'inflammation, Hoitsema (3) signale avoir parfois obtenu l'inflammation à 130°. Nous avons repris ces mesures en projetant une petite quantité de fulminate à la surface d'un bain de mercure maintenu à température constante. Nous avons ainsi observé que, dans un certain intervalle de température, le fulminate ne s'enflamme pas instantanément, mais après un certain retard qui est d'autant plus faible que la température est plus élevée. Les températures d'inflammation (*t*° C.) que nous avons obtenues sont données par le tableau suivant avec les retards (*r*) correspondants :

C'est à partir de 277° que l'on obtient l'inflammation sans retard. La température la plus basse à laquelle nous ayons obtenu une inflammation est 135° avec un retard de près de 40 minutes. A 133° nous n'avons pu avoir d'inflammation après un chauffage de 2 heures. Le fulminate ainsi chauffé à une température égale ou inférieure à 133° se décompose lentement et n'est plus capable de s'enflammer lorsqu'on le porte ensuite à une température plus élevée (300°).

t.	*r.*	*t.*	*r.*	*t.*	*r.*
°	m s	°	m s	°	s
135..........	39	151..........	4	199..........	7.5
138..........	21. 6	155..........	2.45	214..........	3
139,5........	17.30	167..........	1.19	220..........	2.2
141..........	13	173..........	0.40	235..........	1
142..........	10.20	179..........	0.27	245..........	0.5
144..........	8.30	184..........	0.17	260..........	0.2
146,5........	6.25	195..........	0.10	277..........	0
149..........	5				

(1) BERTHELOT, *Comptes rendus*, 90, 1880, p. 946.
(2) WÖHLER et METTER, *Zeits. Schies. Sprengst.*, 2, 1907, p. 204.
(3) HOITSEMA, *Zeits. phys. Chem.*, 21, 1896, p. 147.

Ces résultats expliquent les divergences des nombres obtenus par les auteurs précédents, qui opéraient en chauffant progressivement le fulminate et en notant la température à laquelle ils observaient l'inflammation. Ils obtenaient donc des nombres différents suivant la vitesse de chauffe. Il faut noter que Wöhler (*loc. cit.*) avait signalé que dans certains cas l'inflammation n'était pas instantanée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'α-éthylnaphtaline et ses produits d'hydrogénation.* Note ([1]) de M. **Georges Lévy**, présentée par M. A. Béhal.

Comme suite à une précédente Note sur la β-éthylnaphtaline ([2]) nous publions ici nos recherches sur l'α-éthylnaphtaline. Fittig et Remsen en ont indiqué une préparation qui a été améliorée par Carnelutti ([3]); ils utilisent la réaction du sodium sur l'α-bromonaphtaline et le bromure d'éthyle. Nous avons de nouveau employé la méthode de M. G. Darzens en réduisant par catalyse l'α-acétylnaphtaline ([4]).

Cette cétone est plus difficile à obtenir pure que son isomère β. Elle est préparée en même temps que cette dernière par condensation du chlorure d'acétyle sur la naphtaline en présence de chlorure d'aluminium, et, après cristallisation de l'isomère β, on la retrouve entièrement dans le produit d'essorage, d'où on l'extrait à l'aide de l'acide picrique conformément à la méthode indiquée par Rousset ([5]).

170^g de cétone impure sont introduits dans la solution bouillante de 220^g d'acide picrique dans 1 litre d'alcool; par refroidissement le picrate de l'α-acétylnaphtaline cristallisé, celui de l'isomère β reste dissous. Après essorage et recristallisation dans son poids d'alcool, le picrate d'α-acétylnaphtaline pur fond à 117°-118°; on en régénère la cétone par l'action d'une solution de carbonate de soude.

Cette cétone est réduite par l'hydrogène à 200° dans un tube de catalyse contenant du nickel porté par de la ponce et obtenu par réduction à 360° à partir de son oxyde. La proportion de produit tétrahydrogéné est moins importante que pour l'isomère β; toutefois, il est nécessaire de purifier l'α-éthylnaphtaline à l'aide de l'acide picrique qui ne se combine qu'à ce carbure.

([1]) Séance du 15 juillet 1931.

([2]) Georges Lévy, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1397.

([3]) Fittig et Remsen, *Liebigs Annalen*. 155, 1870, p. 118. — Carnelutti, *Berichte der d. chem. Gesellschaft*, 13, 1880, p. 1671.

([4]) Darzens et Rost, *Comptes rendus*, 146, 1908, p. 934.

([5]) Rousset, *Bulletin de la Société chimique*, 3e série, 15, 1896, p. 60.

L'α-éthylnaphtaline régénérée de son picrate présente les constantes suivantes :

$$D_0^0 = 1,0221, \quad D_4^{14,2} = 1,0111, \quad n_D^{14,2} = 1,6089.$$

Réfraction moléculaire trouvée, 53,41; calculée, 50,88. Point d'ébullition sous 756^mm: 256°,5 (corrigé). Son picrate fond à 98°,5.

Refroidi dans un mélange de neige carbonique et d'acétone, ce carbure se vitrifie d'abord, puis cristallise par réchauffement; le point de fusion du produit cristallisé est de — 15° ; remarquons que l'α-éthylnaphtaline n'avait jamais été obtenue à l'état solide.

Comme dans le cas de l'isomère β, l'hydrogénation par le sodium et l'alcool amylique bouillant n'a donné qu'un dihydrure $C^{12}H^{14}$, d'une odeur particulière et assez différente de celle de l'α-éthylnaphtaline; il présente les caractères d'un carbure éthylénique, décolore instantanément le brome en solution chloroformique même à — 10°, sans dégagement de HBr et fixe sensiblement Br^2; les constantes de ce dihydrure sont :

$$D_0^0 = 0,9875, \quad D_4^{21,3} = 0,9715, \quad n_D^{21,3} = 1,5548.$$

Réfraction moléculaire trouvée, 52,18; calculée, 51,35. Point d'ébullition sous 758^mm: 246° (corrigé).

Par hydrogénation catalytique effectuée à 200° sur du nickel réduit de son oxyde à 280°, nous avons obtenu un tétrahydrure $C^{12}H^{16}$, qui peut être isolé par distillation fractionnée et distille à 115° sous 17^mm; il ne décolore le brome qu'assez lentement et avec un violent dégagement de HBr. Les constantes sont :

$$D_0^0 = 0,9720; \quad D_4^{21,1} = 0,9559; \quad n_D^{21,1} = 1,5354;$$

Réfraction moléculaire : trouvée, 52,14; calculée, 51,81.

Point d'ébullition sous 764^mm · 237°,5 (corrigé). Odeur caractéristique de pétrole.

Enfin, par hydrogénation effectuée à 160° sur du nickel réduit à 250°, nous avons préparé le décahydrure $C^{12}H^{22}$, liquide d'odeur mentholée comme le décahydrure de β-éthylnaphtaline mais sensiblement plus forte. Les constantes de cette α-éthyldécaline sont :

$$D_0^0 = 0,8985; \quad D_4^{23} = 0,8843; \quad n_D^{23} = 1,4764.$$

Réfraction moléculaire : trouvée, 53,10; calculée, 53,22.

Point d'ébullition sous 760^mm : 222° (corrigé).

L'hydrogénation aux différents stades est notablement plus difficile que pour les isomères β; elle a également pour effet de faire disparaître l'exalta-

tion de la réfraction moléculaire. D'ailleurs on peut remarquer que cette exaltation est constamment moindre pour les isomères α que pour les β, et qu'on a même une légère dépression pour l'α-éthyldécaline.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transformation du toluène et du xylène en méthane.* Note de MM. **A. Mailhe** et **Creusot**, présentée par M. Matignon.

Comme pour la benzine, on pouvait prévoir que l'hydrogénation du toluène et du xylène effectuée au-dessus de 200° conduirait à la formation de méthane, suivant des réactions similaires :

$$C^6H^5CH^3 + 10H^2 = 7CH^4,$$
$$C^6H^5(CH^3)^2 + 11H^2 = 8CH^4.$$

Nous avons entrepris cette étude et examiné comme pour la benzine les réactions secondaires qui se produisaient.

Des expériences ont été faites d'abord avec le toluène commercial dit pur; en changeant le nickel à chaque température et l'on a recueilli chaque fois 400 à 500$^{cm^3}$ d'un gaz dont le titre en méthane pour les diverses températures est donné par le tableau suivant :

Températures.	CH^4.	Températures.	CH^4.
°	%	°	%
255	64,5	300	58,0
260	67,5	310	62,0
270	72,5	320	66,5
280	74,0	330	68,0
290	57,5	350	60,5

Il présente un maximum à 280°, puis un second à 330°. Comme dans le cas de la benzine, il faut en rechercher la cause dans la production de la substance cireuse qui se forme au-dessous de 320° et n'a plus lieu au-dessus. C'est ce que démontrent les épuisements des divers nickels par l'acétone qui donnent toute une gamme de solutions jaunes de 260° à 300°, et des solutions incolores au-dessus de cette température, et cela pour des poids de toluène égaux qui ont passé sur les divers nickels.

Si l'on compare les proportions de méthane formé aux mêmes températures par hydrogénation du benzène et du toluène sur un nickel de même qualité, on trouve :

Températures.	CH^4 de C^6H^6.	CH^4 de $C^6H^5CH^3$.
°	%	%
270	68,3	72,5
280	69,8	74,0
290	64,7	57,5
300	62,0	58,5
310	67,4	62,0
330	68,0	68,0

On remarque qu'entre 290° et 310°, le toluène est plus difficilement décomposé que la benzine, et l'on sait cependant qu'il est plus vulnérable. Il y avait lieu de voir si cette particularité ne provenait pas des impuretés contenues dans le toluène commercial, qui pouvait affaiblir l'activité du catalyseur. Pour l'examiner nous avons comparé les résultats de l'hydrogénation du toluène précédent avec ceux de l'hydrogénation du toluène pur, privé de produits sulfurés. Il sont fixés dans le tableau suivant :

Températures.	Toluène commercial.	Toluène pur.
°	%	%
260	67,5	68,7
270	72,5	72,5
280	74,0	73,4
290	57,0	71,0
300	58,0	67,0
310	62,0	68,0
320	66,5	72,5

On voit que le toluène pur fournit aux mêmes températures des pourcentages de méthane supérieurs à ceux du toluène commercial dit « pur ». Les traces de composés sulfurés de ce dernier paralysent rapidement l'action catalytique du nickel.

Dès lors, si l'on établit le tableau de comparaison de la décomposition de la benzine et du toluène purs sans dérivés sulfurés, on a

	$\frac{C^6H^6}{CH^4}$.	$\frac{C^6H^5CH^3}{CH^4}$.
°	%	%
280	69,8	73,4
290	64,7	71,0
300	62,0	67,0
310	67,4	68,0
350	58,8	63,2

Ces chiffres indiquent que le toluène est un peu plus atteint que la benzine par hydrogération sur nickel au-dessus de 250°.

Le métaxylène pur, privé de composés sulfurés, se comporte comme le toluène au-dessus de 250°. Par hydrogénation au contact du nickel, il fournit du méthane, et la réaction présente deux maximum sensiblement identiques, l'un à 270-280°, l'autre à 330°.

Températures.	CH^4.	Températures.	CH^4.
°	%	°	%
260	71,5	300	67,1
270	75,5	310	69,8
280	75,1	330	74,8
290	68,7	350	63,5

L'activité du nickel baisse à 290° par suite de la formation de la substance cireuse facile à extraire par l'acétone.

Ces résultats montrent que le toluène et le métaxylène se transforment en méthane par hydrogénation du nickel au-dessus de 250° et que cette réaction est de tous points comparable à celle que fournit la benzine : présence de deux maximum en méthane, formation d'une matière cireuse entre 250° et 300°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le pouvoir rotatoire de la ricinolamide.* Note [1] de MM. **Émile André** et **Charles Vernier**, présentée par M. Delépine.

La ricinolamide fut découverte en 1844 par Boullay [2] qui n'en poursuivit pas l'étude. Celle-ci fut reprise en 1851 par Bouis [3] dont les recherches amenèrent la découverte d'un « alcool caprylique » qui fut identifié par la suite comme alcool secondaire [4]. Bouis ne parvint pas à vérifier l'action de l'huile de ricin sur la lumière polarisée, qui lui avait cependant été signalée par Biot [3]; aussi ne songea-t-il nullement à examiner la ricinolamide au point de vue de ses propriétés optiques.

Un certain nombre d'observations consignées par l'un de nous dans plusieurs Mémoires [5] nous avaient amenés à supposer que l'acide ricinoléique

(1) Séance du 15 juillet 1931.

(2) Boullay, *Journ. Pharm. et Chim.*, 3e série, 5, mai 1844, p. 329.

(3) Bouis, *Comptes rendus*, 33, 1851, p. 141; *Ann. de Chim. et Phys.*, 3e série, 44, 1855, p. 75 à 152.

(4) Schorlemmer, *Ann. d. Chem. u. Pharm.*, 147, 1868, p. 222.

(5) *Ann. Off. Comb. liq.*, 5, 1930, p. 463; 6, 1931, p. 243.

contenu dans l'huile de ricin est un mélange de deux inverses optiques dans lequel la variété droite domine. La ricinolamide est un des rares dérivés de cet acide qui soit bien cristallisé; d'autre part, la réaction qui lui donne naissance, action de l'ammoniaque sur l'huile de ricin dissoute dans l'alcool, est lente à se produire. Nous avons pensé que si les variétés droite et gauche de l'acide ricinoléique existaient en quantités inégales sous forme de glycérides dans l'huile de ricin, l'amide racémique et l'amide actif pourraient ne pas avoir les mêmes solubilités. L'expérience a vérifié cette hypothèse.

Une solution d'huile de ricin dans son volume d'alcool à 95° a été saturée à basse température par du gaz ammoniac et a fourni après plusieurs mois un précipité cristallin qu'on a essoré et recristallisé un grand nombre de fois dans l'éther. Pour le débarrasser des dernières traces d'oléamide ou de stéaramide qu'il pouvait encore retenir, on l'a finalement soumis à un traitement par le chloroforme dans lequel ces deux derniers composés sont fort peu solubles. Le point de fusion du produit ainsi purifié était de 66°,5-67°, conforme aux données des divers auteurs qui l'ont étudié.

La solution mère, refroidie énergiquement, a été saturée à nouveau par le gaz ammoniac et a laissé déposer une nouvelle quantité de cristaux qui ont été purifiés de la même manière. Nous avons renouvelé les saturations par l'ammoniac et les cristallisations des précipités successifs jusqu'à ce qu'il n'en soit plus obtenu. Le mélange restant en dernier lieu a été évaporé et a fourni une dernière récolte souillée d'un peu d'huile non transformée.

Les pouvoirs rotatoires spécifiques des divers échantillons de ricinolamide obtenus successivement ont été :

Première récolte	+2°.35'
Deuxième récolte	+2.35
Troisième récolte	+2.42
Quatrième récolte	+3.1
Cinquième récolte	+3.6 (¹)

(solution chloroformique à 10 pour 100, tube de 40^cm^).

Le pouvoir rotatoire a donc subi un accroissement de 20 pour 100 de sa valeur initiale dans la dernière fraction. Nous estimons que la supposition qui nous a guidés dans cette recherche reçoit une confirmation expérimen-

(¹) Nous avons constaté un léger abaissement du point de fusion à mesure que le pouvoir rotatoire s'élevait. Ce fait semble indiquer que le composé racémique, plus abondant dans les premières récoltes, fond plus haut que chacune des variétés optiques prise isolément.

tale; l'amide de pouvoir rotatoire plus faible, sans doute mélange d'amide racémique et d'amide droite se précipite la première. Il est possible, d'ailleurs, que l'acide ricinoléique soit engagé dans des glycérides mixtes différents les uns des autres, qui sont attaqués avec des vitesses différentes par l'ammoniac, d'où les variations des pouvoirs rotatoires des précipités successifs.

STRUCTURES CRISTALLINES. — *Le polymorphisme des acides malonique, succinique et glutarique en fonction de la température.* Note [1] de M. **F. Dupré la Tour**, présentée par M. M. de Broglie.

Comme les monoacides [2], quelques diacides saturés de la série grasse présentent, en fonction de la température, un phénomène de dimorphisme : la forme β, stable à basse température, se transforme en une autre, la forme α, à une température qu'on appelle le point de transition.

1. *Acide malonique.* — Ainsi que l'annonçait une précédente Note [3], l'acide malonique possède ce polymorphisme.

Les cristallographes [4] connaissent une forme *triclinique*, que l'on obtient par exemple en évaporant une solution aqueuse. Nous lui donnerons le nom de forme β, pour la distinguer d'une autre, très différente, que nous avons pu isoler et dont nous avons fait l'étude.

Cette nouvelle forme α n'est stable qu'au-dessus de 80° environ. Elle appartient au système *orthorhombique*, et les rayons X fournissent pour la maille les paramètres suivants : $a = 8{,}75$ Å; $b = 11{,}6$ Å; $c = 17{,}1$ Å. On prépare ces cristaux par fusion et lent refroidissement. Des précautions s'imposent, à cause de la décomposition spontanée de l'acide fondu en acide acétique et gaz carbonique. Les lames minces que l'on obtient ainsi sont tabulaires sur les plans (010) ou (001) suivant la vitesse du refroidissement. Les cristaux de cette seconde espèce présentent une sorte de direction de fibre suivant [010]. L'étude aux rayons X nécessite toujours l'emploi d'un thermostat qui maintienne les cristaux au-dessus du point de passage indiqué : cet appareil fera l'objet d'une description ultérieure. Par refroi-

---

(1) Séance du 15 juillet 1931.

(2) J. Thibaud et F. Dupré la Tour, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 945, et 191, 1930, p. 200.

(3) F. Dupré la Tour, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1348.

(4) Groth, *Chemische Krystallographie*.

dissement, en effet, le cristal se transformerait en un amas opaque de microcristaux de la forme β. Pourtant certaines lames minces ont gardé, après passage, leur transparence.

II. *Acide succinique.* — Pour compléter et rectifier dans une certaine mesure (1) notre dernière Note (*loc. cit.*), nous avons repris l'étude comparative des deux formes dont voici les caractéristiques :

Forme β-monoclinique, stable au-dessous de 137° environ, déjà connue des cristallographes et étudiée aux rayons X par Yardley (2). Nous avons obtenu, en accord avec cet auteur, les paramètres suivants : $a = 5{,}06\,\text{Å}$, $b = 8{,}81\,\text{Å}$, $c = 7{,}57\,\text{Å}$ (avec l'angle monoclinique 133°37′).

Forme α-monoclinique, que nous avons préparée par fusion et lente solidification. Ces cristaux sont plus stables que la forme orthorhombique de l'acide malonique. On peut les conserver et les étudier à température ordinaire pourvu que, la solidification lente opérée, on accélère le refroidissement. Le passage à l'état de microcristaux de la forme β est alors très lent, surtout pour des lampes transparentes et pures.

Les paramètres de cette forme sont $a = 5{,}72\,\text{Å}$, $b = 6{,}69 \times 4\,\text{Å}$, $c = 7{,}59\,\text{Å}$. Nous avons écrit $b = 6{,}69 \times 4\,\text{Å}$, pour mettre en évidence le fait suivant, qui ressort des diagrammes de rotation : les « strates » sont très serrées, mais une sur quatre d'entre elles se trouve notablement renforcée ; donc la structure du cristal suivant b se répète presque semblable à elle-même tous les $6{,}69\,\text{Å}$, bien que la vraie période d'identité soit quatre fois supérieure.

Les cristaux α présentent une orientation assez analogue à l'une de celles que l'on rencontre souvent pour la forme β. Le plan de la petite lame mince est le plan de symétrie (010); c'est aussi le plan des axes optiques. On distingue dans ce plan deux directions d'arêtes (a et c); c est même une direction de fibre suivant laquelle s'accolent les cristaux. L'angle monoclinique aurait pour valeur 115°25′ environ.

Les formes α et β de l'acide succinique se distinguent par d'autres propriétés physiques, par exemple l'*indice de réfraction*. La méthode de la « frange de Becke », appliquée à de petits fragments des deux formes, a

(1) Nous y décrivions comme forme α ce qui est en réalité la forme β. La description d'une forme β triclinique est due à une erreur.

(2) *Proc. Roy. Soc.*, 105, A, 1924, p. 451.

fourni les nombres suivants pour la lumière jaune du sodium :

Acide succinique β : $n_g = 1,605$; $n_p = 1,497$;
Acide succinique α : $n_g = 1,597$; $n_p = 1,513$;

α serait donc moins biréfringent que β.

III. Nous avons trouvé pour l'*acide glutarique* le même phénomène de dimorphisme en fonction de la température. Le point de transition est voisin de 79-80°. La forme α ne paraît pas stable à température ordinaire.

Ainsi qu'on peut le remarquer, la courbe des points de transition pour les diacides, bien que ces points soient parfois difficiles à définir avec précision, comme pour l'acide malonique, présenterait même allure générale que celle des points de fusion. C'est une analogie de plus avec le polymorphisme des monoacides.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure du massif primaire d'Alger.* Note [1] de M. **Louis Glangeaud.**

Le massif primaire d'Alger ou de la Bouzaréa (Feuille d'Alger *bis* au $\frac{1}{50000}$) est formé par des schistes, des calcaires plus ou moins métamorphiques, des micaschistes et des gneiss. Le pendage des couches s'y maintient d'une façon assez constante vers le Sud. Delage [2] a considéré que ce complexe n'était pas plissé. Par contre Ficheur [3] a signalé sur le flanc nord de la Bouzaréa, des synclinaux de calcaires cipolins déversés vers le Nord. D'après mes observations le massif d'Alger est constitué par un empilement de plis aigus déversés vers le Nord. Différents arguments sont en faveur de cette interprétation.

1° Sur le flanc nord de la Bouzaréa, des lames de gneiss, de micaschistes, de cipolins sont intercalées au milieu de schistes tachetés ou de schistes peu métamorphiques, riches en matières charbonneuses. Seul un plissement a pu amener cette alternance de roches métamorphiques avec des roches peu ou pas modifiées.

2° Une coupe de Brives [4], le long de l'Oued Ferrat, sur le flanc nord

(1) Séance du 15 juillet 1931.

(2) Delage, *Géologie du Sahel d'Alger* (*Thèse Fac. Sc. Montpellier*, 1888).

(3) Ficheur, *Carte géologique au* $\frac{1}{50000}$ *d'Alger* et *Notice* (Alger, 1904).

(4) Brives, *Documents sur l'hydrologie de l'Algérie*, 2e fasc., p. 88, fig. 20-22 (*Publ. Serv. Carte géol. de l'Algérie*, 1925).

de la Bouzaréa montre que les calcaires cipolins forment des synclinaux au milieu des schistes.

3° Au sud de la Bouzaréa, dans la région de l'Agha, affleurent, depuis la mer jusqu'à El Biar, des gneiss œillés à tourmaline, accompagnés d'intrusions de granite à mica blanc et de pegmatite à tourmaline. Ces gneiss de l'Agha, ainsi que je propose de les appeler, pendent de 45° au Sud. Ils reposent sur les schistes situés au Nord (schistes X de la carte). Les schistes X, au voisinage du Fort de l'Empereur, sont riches en matières organiques. Étant peu métamorphisés ils devraient normalement se trouver au-dessus des gneiss de l'Agha. Or le pendage des couches et de la surface de contact montre que les schistes passent sous les gneiss.

Pour expliquer ce fait, Delage avait dû admettre (*loc. cit.*, p. 25) que « les schistes noirs ardoisiers passent brusquement à des pseudo-gneiss assez singuliers. Je leur donne » dit-il « le nom de pseudo-gneiss, parce qu'ils sont très feldspathiques et aussi parce que leur faciès rappelle celui des gneiss anciens de l'étage. On se trouve ici en présence d'une curieuse transformation opérée par la granulite sur le schiste noir ».

Sur ce point Ficheur (1) était de l'avis de Delage.

Mes observations me conduisent à une interprétation différente : les schistes et les gneiss sont en contact normal. En effet, je n'ai pas trouvé de terme de passage entre ces deux formations. Leur contact est jalonné par une lame de roches écrasées qui a été mise en évidence au moment de la démolition des fortifications au nord de la rue Berthezene. A l'ouest des fortifications, la zone écrasée affleure notamment entre les nos 4 et 10 du chemin du Telemly et au pied du Fort de l'Empereur. On peut donc parler d'une écaille des gneiss de l'Agha.

4° La zone de roches écrasées située à la base de l'écaille des gneiss de l'Agha n'est pas unique dans le massif d'Alger. D'autres de même nature existent sur les flancs Nord et Est de la Bouzaréa (Bal el Oued - Fort des Anglais).

Une partie des formations figurées par Ficheur comme schistes lustrés, micaschistes et schistes granulitisés sont en réalité, sous le microscope, des granites et des quartzites séricitisés après avoir été écrasés. On observe tous les stades de l'écrasement et du laminage depuis la phase porphyroclastique, telle qu'elle a été définie par M. A. Lacroix (2) jusqu'à la phase

(1) FICHEUR, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e série, 24, 1896 (*fig.* 4, p. 951).

(2) A. LACROIX, *Minéralogie de Madagascar*, 2, Paris 1922, p. 439.

mylonitique proprement dite. Certaines roches écrasées n'ont pas été modifiées après l'écrasement. D'autres, les plus nombreuses, montrent l'apport secondaire de cristaux micacés. Ceux-ci ont envahi les plages finement laminées et se sont glissés dans les fissures. Les quartzites écrasées passent ainsi à des micaschistes; les gneiss à gros éléments et les roches grenues donnent des schistes feldspathiques et des gneiss très fins. Dans les plaques minces des roches les plus modifiées, il est souvent possible de reconnaître quelques amygdales de la roche originelle.

L'existence de roches écrasées n'avait pas été signalée jusqu'à présent. Elles sont cependant fréquentes dans le massif d'Alger. Certaines d'entre elles sont en relation avec des accidents tectoniques, par exemple avec la surface de chevauchement des gneiss de l'Agha. Les autres paraissent distribuées sans raison tectonique apparente.

En conclusion, le massif primaire d'Alger est formé de plis aigus déversés vers le Nord. L'écaille la plus typique de ce complexe est celle des gneiss de l'Agha.

GÉOLOGIE. — *Géologie de la Mauritanie du Nord.* Note (1) de M. J. Malavoy.

Au cours de l'hiver 1929-1930, j'ai fait une tournée de six mois en Mauritanie, qui m'a permis de rectifier certaines inexactitudes et de compléter nos connaissances sur le Sahara occidental. La contrée que j'appellerai Mauritanie du Nord, est limitée schématiquement, à l'Ouest par l'Atlantique, au Sud par le 19e parallèle, au Nord par la frontière du Rio de Oro (parallèle 21°, 20), à l'Est par le méridien de l'Hofrat Ouadane (11° Greenwich); elle comprend de l'Ouest à l'Est les plaines côtières de l'Agneitir et du Tasiast, celles plus intérieures de l'Inchiri et du Tijirit, enfin les plateaux de l'Adrar mauritanien.

Les travaux antérieurs sur cette région sont ceux de Dereims (2) et de Chudeau (3); Hubert a travaillé beaucoup plus au Sud, et, dans sa carte

(1) Séance du 15 juillet 1931.

(2) Dereims, *Les coquilles du Quaternaire marin du Sénégal par Dollfus* (*Mémoires S. G. F.. Paléontologie*, n° 44, 1911).

(3) Chudeau, *A travers la Mauritanie occidentale* (en collaboration avec Gruvel), 2 vol. 1909 et 1911, chez Larose; *Note sur la Mauritanie* (*B. S. G. F.*, iv, 10, 1910, p. 667-668); *Note sur la géologie de la Mauritanie* (*B. S. G. F.*, iv, 1911, p. 413-428).

géologique de l'A. O. F. au 5000000e publiée en 1919, a reproduit celle de Chudeau publiée en 1911. Pour plus de commodité nous nous reporterons à cette carte pour en rectifier certaines données, et à celle au millionième du Service géographique de l'Armée pour exposer nos résultats.

On trouve à partir de l'Océan en allant vers l'Est, des terrains récents jusqu'à une ligne passant approximativement par Touizikt au Sud, Zmérigié au centre et la Daya de Lebzenia au Nord; la carte est exacte pour cette limite. Plus à l'Est, on trouve des orthogneiss limités au Sud par le parallèle d'Iriji (19°,55), passant à une dizaine de kilomètres au Nord d'Agjoujt, à l'Ouest par les terrains récents, à l'Est par les plateaux gréseux de l'Adrar. Ils s'étendent au Nord par le Rio de Oro; le peu que j'ai vu de cette dernière région me permet de dire que le grand massif granitique du Tiris, indiqué par Chudeau, n'existe pas ou est réduit à quelques pointements; dans ce dernier cas ce sont des gneiss se rattachant au grand anticlinal de fond des Eglab-Karet-Yitti signalé par Menchikoff (¹) beaucoup plus au Nord.

Au Sud de ces gneiss, et limités comme eux à l'Ouest par les terrains récents, se trouvent, notamment à Agjoujt, des schistes et quartzites postérieurs aux gneiss et discordant sur eux. Vers l'Est ils passent horizontalement aux plateaux gréseux de l'Adrar dont, selon moi, ils ne sont qu'un faciès métamorphique. Notons l'existence au milieu de ces schistes et quartzites d'un pointement de syénite et granite alcalins à l'Ouest de Bou Naga (13°,10 long. Ouest Gr. 19° lat. N), d'une huitaine de kilomètres (E-W).

A l'Est, on trouve les plateaux gréseux de l'Adrar, contenant aussi des schistes et des calcaires, surtout à la base, le tout postérieur aux gneiss. Leur limite avec ceux-ci est dessinée par une falaise de 200 à 350^m de haut; celle avec les schistes et quartzites n'est guère sensible; on peut la placer aux petites falaises bordant l'Adrar au Sud-Ouest (Tairza, Legroniate). Le pointement granitique et les affleurements de terrain métamorphique signalés par Chudeau au Sud et au Nord de Chinguetti n'existent pas; on trouve là les mêmes grès qu'aux alentours. A Ouadane, l'Hofrat constitue une cuvette d'effondrement de 40^{km} sur 30, au milieu de laquelle on trouve des couronnes concentriques de terrains identiques à ceux des grès,

(¹) MENCHIKOFF, *Recherches géologiques et morphologiques dans le Nord du Sahara occidental* (*Rev. de Géog. phys. et de Géol. dyn.*, 3, 1930, fasc. 2, p. 210).

montrant à peine un commencement de métamorphisme, très inférieur à celui des schistes et des quartzites d'Agjoujt.

Je rappelle que le gisement fossilifère signalé par Chudeau dans les grès de l'Adrar entre les collines de Legroniate et le Tamga appartient au Dévonien supérieur (¹) et non à l'Ouralien. Il permet de dire que les grès, schistes et calcaires de l'Adrar sont en partie, peut-être en totalité, antérieurs au Dévonien supérieur. Quant aux pendages, les terrains récents sont, bien entendu, horizontaux; les gneiss sont le plus souvent redressés à la verticale, les schistes et quartzites d'Agjoujt sont grossièrement horizontaux ou présentent un pendage de 10 à 20° vers l'Ouest, les grès de l'Adrar présentent un pendage général vers le Sud-Est de 5 à 10°. Le trait le plus saillant de cette disposition est que les plateaux grèseux de l'Adrar constituent le vis-à-vis de ceux qu'a étudiés Menchikoff plus au Nord, sur l'autre flanc de l'anticlinal des Eglab-Karet-Yitti, et qui se prolongeraient au Rio de Oro jusqu'aux plateaux d'El Akrab, signalés par Chudeau (14° long. Ouest Gr., 24° lat. Nord). Un trait plus local est l'existence d'un anticlinal, digitation du premier, entre les schistes et quartzites d'Agjoujt et les grès de l'Adrar, le métamorphisme des premiers en est peut-être un résultat.

Au point de vue substances utiles, Dereims et Chudeau ont signalé le sel, le gypse et le soufre; j'ai trouvé en outre dans les schistes et quartzites redressés d'Agjoujt des gisements de fer et de cuivre, peu intéressants vu leur situation en plein désert. Quant aux phosphates signalés par Chudeau dans le Tasiast entre le Cap Lefreh et Alzas, j'ai cru les avoir retrouvés, mais me suis aperçu ensuite d'une erreur; la question reste à étudier.

GÉOLOGIE. — *L'interdépendance des formations tertiaires et quaternaires dans les vallées de la Vilaine et de la Mayenne.* Note de MM. **Y. Milon** et **M. Sire**, présentée par M. L. Cayeux.

L'étude des formations quaternaires, dans une région donnée, ne peut être séparée de celle des formations antérieures, et, plus particulièrement, des dépôts tertiaires. L'importance et la répartition des formations alluviales quaternaires dépendent de l'évolution géologique régionale. C'est

(¹) J. Malavoy et N. Menchikoff, *Sur un gisement du Dévonien supérieur de l'Adrar Mauritanien* (*C. R. S. G. F.*, 1931, p. 126-127).

ainsi que les terrasses classiques de la vallée du Rhône proviennent du démantèlement de la chaîne des Alpes, et ont pu prendre une grande importance grâce à l'abondance des matériaux remaniés. Dans le Massif armoricain, au contraire, le matériel utilisable pour l'édification des terrasses a été bien moins abondant. Les minéraux libérés par l'arénisation des massifs éruptifs ou cristallophylliens, et par l'altération des roches sédimentaires paléozoïques, ont été remaniés, à plusieurs reprises, par les mers tertiaires, et ont formé notamment la masse principale des sables à glauconie (¹) du dernier remblaiement pliocène.

L'un de nous (Y. M.) a montré déjà, en ce qui concerne la vallée de la Vilaine (¹), que les terrasses quaternaires ont été fréquemment entaillées dans les dépôts meubles du Pliocène, remaniés en surface. Parfois les formations pliocènes ont été reprises presque sur place, et les alluvions quaternaires sont formées, en grande partie, par les résidus du lavage des dépôts antérieurs.

L'étude détaillée des formations tertiaires et quaternaires des environs de Laval (faite par M. Sire) conduit aux mêmes observations. Dans la vallée de la Mayenne, comme dans celle de la Vilaine, le même matériel a toujours été mis en jeu, au cours de l'histoire tertiaire et quaternaire de la région; et l'apport de roches ou de minéraux étrangers reste très faible. L'Éocène, et en particulier le Pliocène, sont nettement repris, lavés, remaniés, dans les terrasses aux environs de Laval. La terrasse supérieure est formée presque uniquement par le Pliocène, la terrasse moyenne en partie.

L'étude des minéraux lourds des formations : éocènes, oligocènes, pliocènes et quaternaires, des environs de Laval, faite par M. Berthois, a montré que tous les échantillons étudiés renferment le même cortège de minéraux : zircon, tourmaline, indicolite, staurotide, sillimanite, andalousite, disthène, zoïsite, rutile, brookite, spinelle, grenat. Les différentes formations semblent d'autant plus riches en minéraux lourds que leur âge est plus récent. Tout se passe donc comme si, au cours des remaniements successifs, il y avait eu enrichissement en minéraux denses et résistants. Pour la même raison, les dépôts pliocènes, et les terrasses, renferment surtout des galets de roches ou de minéraux très durs : quartz, grès éocènes, etc.

Aux abords de la vallée de la Mayenne, comme dans celle de la Vilaine,

(¹) Y. Milon, *Présence de la glauconie dans les sables pliocènes de Bretagne* (*Comptes rendus*, 189, 1929, p. 1004).

la part des remblaiements tertiaires antérieurs doit être prépondérante; et les terrasses semblent être plutôt des terrasses de destruction et de remaniement que des terrasses d'édification. D'autre part, dans ces formations, dont le caractère alluvial n'est très souvent que superficiel, l'origine des matériaux ne doit pas être cherchée uniquement en amont, en remontant le cours actuel du fleuve. Les roches tertiaires remaniées ont parfois une origine toute locale, et ont pu être reprises sur place, ou transportées, au Tertiaire, suivant des directions très variées (que l'étude des minéraux lourds permettra peut-être de préciser). Ces minéraux sont surtout des silicates de métamorphisme; leur inventaire dans les roches anciennes de la région doit permettre de localiser l'origine des « sédiments pauvres » qui constituent la majeure partie des dépôts tertiaires du massif armoricain.

MÉTÉOROLOGIE. — *Phénomènes dus à la rencontre d'une mousson et d'un alizé sur l'océan Indien méridional.* Note de M. **Ch. Poisson**, présentée par M. Maurain.

Les phénomènes météorologiques offrent sur l'océan Indien méridional, et plus particulièrement entre les parallèles 10° et 30° de latitude Sud une simplicité remarquable si l'on considère les traits caractéristiques de leur évolution. En saison froide, juin à fin août, les masses d'air qui parcourent cette surface sont animées d'un mouvement général de translation dirigé du Sud-Est vers le Nord-Ouest; c'est le régime de l'alizé s'élevant en altitude jusqu'à 4000^m au moins.

En saison chaude, décembre à fin mars, deux champs différents se partagent cette étendue. Au Sud l'alizé existe encore et sa direction n'a pas subi de modification importante; mais la zone où il se meut sans opposition est plus méridionale qu'en hiver. Au Nord ses derniers souffles s'amortissent dans une bande de calmes ou de folles brises à frontières variables, traversant l'île de Madagascar vers 18° à 20° de latitude Sud pour remonter légèrement à l'Est. Entre l'équateur et la zone des calmes, le navigateur rencontre à la surface de la mer des masses d'air plus chaudes venant principalement de l'Ouest ou du Nord-Ouest : c'est ce qu'à Madagascar on nomme la mousson de Nord-Ouest.

Helmholtz, M. Brillouin, M. V. Bjerknes ont étudié les conditions dans lesquelles des champs opposés peuvent demeurer stables lorsque la ligne de séparation est orientée sensiblement suivant un parallèle terrestre. Si l'on

considère ces masses d'air comme des anneaux de tourbillon encerclant le globe, le régime sera stable quand l'intersurface de séparation présentera une certaine inclinaison sur la verticale.

Or Tananarive, à plus de 1300^m d'altitude, se trouve précisément dans cet espace intermédiaire entre les deux régimes opposés, et l'observatoire tire grand avantage pour ses prévisions météorologiques, à noter soigneusement les variations relatives de la mousson et de l'alizé.

Dans cette station, au cours de l'été, l'alizé se fait sentir au sol, très faible aux heures fraîches du matin, plus net à mesure que le soleil monte à l'horizon. Les nuages bas, stratus irréguliers d'abord, puis cumulus de beau temps, semblent jalonner le niveau supérieur de cette couche aérienne, peu épaisse, soit moins de 500^m le matin, 1200 à 1500 l'après-midi. A travers la nébulosité dispersée de ce courant d'Est-Sud-Est, on aperçoit parfaitement un second courant d'altitude plus grande; ses nuages appartiennent aux formes comprises entre les alto-cumulus et les cirro-cumulus, avec parfois des panaches de cirrus. Ce courant supérieur vient de directions comprises entre l'Ouest-Sud-Ouest et le Nord-Nord-Ouest; l'Ouest-Sud-Ouest semble n'être qu'une déviation locale, due à l'action de la convection sur le massif de l'Ankaratra (2500^m) à 60^{km} de distance Ouest-Sud-Ouest de Tananarive.

L'observation des mouvements relatifs des deux couches nuageuses superposées facilite surtout la prévision des perturbations locales, grains, orages, pluies ou au contraire sécheresses intempestives. D'ordinaire la surface supérieure de l'alizé s'incline en pente descendante vers le Nord et l'Ouest, tandis que la surface inférieure de la mousson remonte vers le Sud et l'Est; bien que la ligne de séparation soit oblique par rapport aux parallèles de latitude, on retrouve ainsi matérialisée la condition de stabilité énoncée par Helmholtz et M. Brillouin, et l'on peut voir dans le flot nuageux le plus bas ce que M. Bjerknes appelle la surface de glissement de l'alizé.

Les modifications proviendront soit d'un changement dans l'épaisseur de la tranche atmosphérique comprise entre les deux surfaces inclinées, soit d'un déplacement latéral de cette frontière commune.

L'épaisseur diminue aux heures chaudes de la journée par convection et turbulence; les courants ascendants formés au-dessus des collines et des plateaux dénudés renforcent les cumulus et les font bourgeonner. Cependant si les sommets de ces cumulus n'atteignent pas une couche atmosphérique à gradient inversé de température, la tête du nuage ne s'étalera pas, et ne prendra pas l'aspect bien connu de l'enclume.

Lorsque le courant convectif, pénétrant plus haut, atteint les masses d'air venant d'Ouest, l'orage est inévitable et le courant d'Ouest imposera sa direction; plusieurs orages locaux se succéderont alors en fin de journée.

Quant au déplacement latéral des frontières, il s'opère vers l'Est si la pression barométrique baisse, c'est-à-dire si le champ de la mousson chaude s'étend; des averses d'instabilité marquent souvent cette progression. Avec un baromètre en hausse et une température moins élevée, le champ de l'alizé gagne vers l'Ouest, et la mousson recule. Après quelques gouttes de pluie on peut s'attendre alors à une sécheresse momentanée de plusieurs jours.

L'aviation peut, pour ses vols, utiliser tour à tour l'un et l'autre des deux courants opposés quand la limite inférieure de la mousson ne dépasse pas l'altitude favorable aux appareils. Entrant dans ce courant d'Ouest, les aviateurs ont noté plusieurs fois une impression très nette de réchauffement.

M. V. Bjerknes a émis l'hypothèse que le front de glissement de l'alizé doit jouer un rôle important dans la formation et la propagation des cyclones tropicaux. L'auteur croit avoir montré ailleurs que cette hypothèse paraît avoir un réel degré de probabilité pour un certain nombre des cyclones observés sur l'océan Indien méridional.

Un réseau de stations météorologiques jalonnant à Madagascar cette zone de calmes et de souffles intermittents pourrait fournir à la science d'utiles renseignements. Les nuages offrent un procédé d'appréciation très simple, qui ne devrait pas être négligé, tandis que des lancements de ballons-pilotes donneraient sur l'altitude des courants une information plus complète.

BOTANIQUE. — *Action de* Bacterium tumefaciens *Smith et Townsend sur la régénération, dans la racine de* Taraxacum dens leonis *Desf.* Note [1] de M. **H. J. Maresquelle**, présentée par M. L. Blaringhem.

Le pouvoir de régénération des racines de Pissenlit est bien connu : on l'observe aisément sur toute surface de section du cambium. Dans le présent travail, on superpose au traumatisme l'action d'un parasite cécidogène (*Bacterium tumefaciens*); on peut donc comparer deux phénomènes de croissance : régénération normale, régénération modifiée par le parasite.

(1) Séance du 15 juillet 1931.

Par des sections transversales, on débite la racine en tronçons. On appelle pôle *supérieur* du tronçon de racine l'extrémité qui se trouvait avant section du côté du collet; inversement le pôle *inférieur* se trouvait avant section du côté de la pointe de la racine. Pour observer le pouvoir régénérateur d'une surface de section, on abandonne le tronçon à la température ordinaire, dans une atmosphère humide sans excès; pour observer l'effet de l'inoculation parasitaire, on enduit de culture bactérienne la section fraîche, et opère ensuite comme précédemment. Les résultats présentent le maximum de régularité si les expériences sont faites à l'obscurité.

Rappelons d'abord les phénomènes connus de la régénération normale. Sur la section supérieure, le cambium produit une couronne de protubérances, d'un tissu analogue à un cal; chacune donne naissance à un point végétatif de tige qui se développe rapidement en produisant des feuilles nombreuses. Au pôle inférieur apparaît un cal indifférencié, simple ménisque recouvrant toute la section du cylindre central. La polarité est donc très nette. Dans des conditions spéciales qu'ont analysées plusieurs auteurs (Wiesner, 1892; Küster, 1904; Gœbel, 1905; Němec, 1907), peuvent cependant apparaître au pôle inférieur des pousses feuillées : chacune est précédée d'une protubérance calloïde dont elle prend naissance.

Voici maintenant les règles qu'il m'a été possible d'établir dans le cas où intervient *Bacterium tumefaciens*.

Si l'inoculation est faite sur la section supérieure, les protubérances calloïdes apparaissent d'abord normalement sur le cambium; mais elles ne s'épanouissent pas en pousses feuillées; bientôt par contre elles se multiplient en nombre, serrées les unes contre les autres, masse en forme de champignon qui coiffe le sommet du tronçon de racine. En même temps les protubérances augmentent de taille et deviennent de petites tumeurs; parfois d'ailleurs ce phénomène d'hypertrophie l'emporte sur le phénomène de prolifération qui vient d'être indiqué : on observe alors un petit nombre de tumeurs volumineuses.

Si l'inoculation est faite sur la section inférieure, la perturbation introduite par le parasite est plus profonde : au lieu d'un simple cal, on observe un ensemble de protubérances semblables à celles qui se développent au pôle supérieur.

Les protubérances émanant de l'un ou de l'autre pôle tendent à s'épidermiser. La jeune protubérance est revêtue d'une assise subéreuse; après quelque temps celle-ci crève à son extrémité distale, livrant passage à un tissu épidermisé d'origine endogène, qui réalise la croissance ultérieure en

tumeur. Ainsi la tumeur bien développée peut être couverte d'épiderme sur la plus grande partie de sa surface, ne demeurant subérisée que tout à fait à la base. La zone épidermisée porte en général d'abondants trichomes, assez souvent quelques ébauches de feuilles très irrégulièrement déformées (Küster, 1926).

D'ailleurs cette production de tissu épidermisé par voie endogène n'est pas l'apanage de la tuméfaction bactérienne : elle est abondante également dans la protubérance où se prépare la régénération normale; mais là elle aboutit essentiellement à la différenciation de la pousse feuillée : l'ébauche interne y présente alors les caractères d'un point végétatif de tige (cône terminal avec feuilles esquissées de part et d'autre). Par contre, dans le cas de l'inoculation bactérienne, les massifs plus ou moins profonds de méristème ne dépassent guère le degré de différenciation morphologique d'une masse de parenchyme revêtue d'épiderme : celle-ci garde une surface simplement convexe, dont la croissance régulière fait céder l'enveloppe tubéreuse; comme le même fait se reproduit en plusieurs points de l'extrémité distale de la protubérance, on comprend que celle-ci évolue en tumeur par la croissance centrifuge de mamelons épidermisés distincts ou confluents.

En somme l'action de *Bacterium tumefaciens* sur la régénération se ramène, dans le cas étudié, aux faits essentiels suivants : 1° effacement de la polarité : les phénomènes de croissance deviennent analogues aux deux pôles ; 2° arrêt des différenciations normales d'organes (donc de la régénération au sens propre), compensé par la multiplication et l'hypertrophie d'ébauches demeurées à un stade de jeunesse : c'est vrai de la morphologie d'ensemble, mais aussi de l'anatomie de détail (comme l'a montré l'analyse des formations endogènes).

Dans le cas présent la production de la tumeur par *Bacterium tumefaciens* se relie étroitement à des phénomènes de la croissance normale : c'est un développement exagéré du cal et surtout des tissus épidermisés formés par des méristèmes endogènes.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles observations sur la spermatogénèse des Characées. Nature de la bande granuleuse et apparition de carotène et de chlorophylle dans certains spermatocytes.* Note (1) de MM. **Pierre Gavaudan** et **Robert Cazalas**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Nous avons abordé récemment l'étude de la spermatogénèse des Characées par un aperçu de l'évolution du vacuome (2) et par quelques remarques concernant la multiplication anormale par amitose du noyau des spermatocytes (3). A la suite de nos premières observations sur *Chara vulgaris*, var. *fœtida*, nous avons rencontré également des phénomènes d'amitose chez *Chara fragilis* et surtout chez *Chara major* var. *hispida* provenant respectivement du Muséum et de Fontainebleau.

Les phénomènes de division indirecte et d'amitose sont parfois étroitement liés, et nous avons observé chez *Ch. vulg.* var. *fœtida* : 1° des mitoses normales et des bourgeonnements nucléaires se produisant synchroniquement dans un même filament; 2° des télophases atypiques avec fragmentation immédiate d'un seul ou des deux noyaux fils en deux à six noyaux secondaires, l'amitose survenant alors que le tonnelet achromatique n'avait pas encore disparu et que la plaque cellulaire criblée de granules cytoplasmiques était seulement au début de sa formation.

Les anomalies de mitose remarquées par Telezinski (4) après chloralisation de *Chara contraria*, par Becker (5), après l'action du bleu de méthylène sur la même espèce, ne semblent pas relever à coup sûr de modifications provoquées expérimentalement, puisque des phénomènes tératologiques analogues peuvent se produire spontanément.

Le nombre des divisions qui donnent naissance à la cellule spermatogène de première génération d'où dérive un filament anthéridien ne semble pas être constant.

---

(1) Séance du 15 juillet 1931.

(2) P. Gavaudan, *Sur quelques observations vitales concernant l'évolution du vacuome pendant la spermatogénèse des Characées* (*Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 1070).

(3) P. Gavaudan et R. Cazalas, *Sur quelques phénomènes tératologiques observés pendant la spermatogénèse des Characées* (*Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1980).

(4) H. Telezinski, *Garniture des chromosomes et synchronisme des divisions chez* Chara (*Acta Soc. Bot. Polon.*, 6, III, 1929, p. 230-247).

(5) W. Becker. *Influence des colorants vitaux sur le caractère de la cinèse somatique* (*Acta Soc. Bot. Polon.*, 6, III, 1929, p. 214-229).

C'est-à-dire que les spermatocytes peuvent être séparés du manubrium par un nombre variable de « têtes tertiaires » représentant des cellules sexuelles dégénérées par vacuolisation. Généralement, chez *Ch. maj.* var. *hispida*, c'est par une double dichotomie que prennent naissance à partir des têtes secondaires les filaments anthéridiens groupés quatre par quatre. Mais la double dichotomie normale peut être retardée ou empêchée, si bien qu'une tête secondaire peut ne porter que deux filaments anthéridiens divisés en deux ou qu'un seul divisé en quatre à une distance variable de la première cellule sexuelle.

Parfois, chez *Ch. maj.* var. *hispida*, tous les spermatocytes des filaments d'une même anthéridie régressent et prennent l'aspect des éléments de soutien qui font suite au *manubrium*. Dans ces spermatocytes anormaux, nous avons souvent remarqué des plastes dégénérés porteurs de carotène.

La destinée du plastidome n'a pas été suivie jusqu'à présent dans les éléments spermatogènes des Characées; or, nous avons rencontré un certain nombre d'anthéridies de *Ch. maj.* var. *hispida*, dont les spermatocytes absolument typiques par ailleurs renfermaient des plastes légèrement colorés en vert et un ou plusieure bâtonnets ou sphérules carotiniens sécrétés par le plastidome. Il est frappant de retrouver jusque dans le spermatozoïde mûr le pigment chlorophyllien accompagné de un ou plusieurs grains de carotène. Les recherches récentes de Von A. Mühldorf (1) assimilent la zone amylifère de la partie postérieure du spermatozoïde des *Chara* (plasmastück ou bande granuleuse) au plastidome qui entrerait dans la constitution définitive du gamète. Mais ce savant s'est borné à l'étude des stades ultimes de la spermatogénèse et la découverte de la présence de carotène nous permet d'apporter les précisions qui manquent sur les phases antérieures du développement du plastidome.

Sous l'influence d'une cause inconnue de nous, le plastidome peut exceptionnellement conserver pendant tout le cours de la spermatogénèse, les caractères qu'il possède dans les cellules somatiques : la chlorophylle et le carotène persistant plus ou moins à tous les stades. Au moment de la polarisation du vacuome et du noyau, les plastes (normalement leucoplastes invisibles) subissent également une orientation particulière, et leur association constitue une bande granuleuse chlorophyllienne portant régulièrement un grain de carotène situé à sa surface. La réaction de l'iode indique que l'apparition du carotène est toujours très antérieure à celle de l'amidon. Il

(1) Von A. Muhldorf, *Berichtigungen und Ergänzungen unserer Kenntnisse über die Morphologie uud Histologie pflänzlicher Spermien* (*Biologia gener.*, VI, Lief. 3, 1930, p. 457-482).

apparaît donc que le « plasmastück » de Mühldorf est à peu près entièrement formé par un plaste composé, et que le vacuome est tout à fait absent du spermatozoïde, ayant été abandonné en deux temps successifs au cours de la spermatogénèse.

D'après ce qui précède on pourrait être conduit à comparer la bande granuleuse à l'acrosome du spermatozoïde animal.

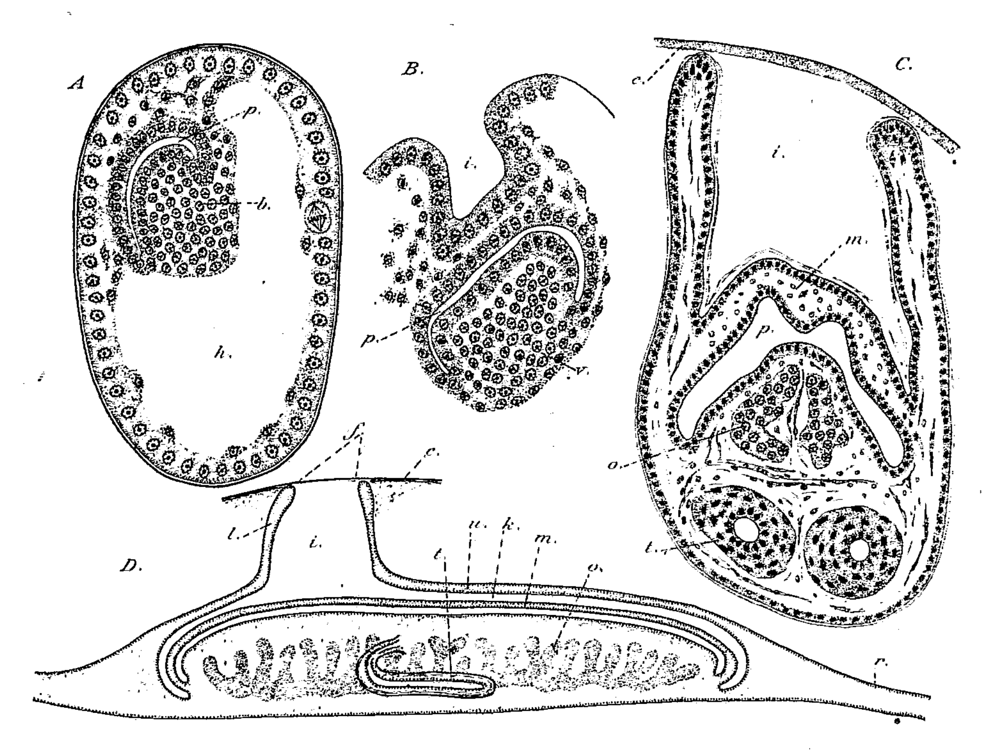
L'élément carotinien du spermatozoïde des Characées correspond à un stigma, si l'on cherche à comparer la structure des gamètes de ces végétaux à ceux de certaines algues, telles que les *Fucus* (1), étudiés par G. Mangenot (1). Ce caractère peut constituer un argument important dans les discussions relatives à la phylogénie des Characées.

ZOOLOGIE. — *Organogénèse des bourgeons de remplacement chez les* Chlorogaster, *Rhizocéphales parasites des Pagures*. Note (2) de M. **Charles Pérez**, présentée par M. F. Mesnil.

Les faits anatomiques indiqués dans une Note antérieure (3) permettent de reconstituer l'histoire évolutive d'un sac viscéral de *Chlorogaster*. Un diverticule, issu du feutrage des racines périintestinales, renfle son extrémité en massue et s'insinue, du thorax vers l'abdomen, dans une sorte de canal, où passent déjà, parallèlement avec le tube digestif et la chaîne nerveuse du Pagure, les axes longitudinaux des poussées radiculaires précédentes. Par prolifération subterminale de la paroi, naît dans la panse la première ébauche d'une future masse viscérale. L'organogénèse de ce bourgeon est très précoce; la première différenciation est une délamination par une fente schizocœlique arquée (*fig.* A, *p*), future cavité palléale, dont la convexité regarde vers l'extérieur (côté dorsal du Pagure) et qui coiffe un massif cellulaire compact, future masse viscérale; les cellules qui limitent cette cavité s'ordonnent en assise épithéliale. Ensuite se produit, en regard du bourgeon (*fig.* B, *i*), une invagination de la paroi de la massue, aboutissant à la formation refoulée d'une cavité périsomatique. Le fond de l'invagination, doublant extérieurement le revêtement distal de la cavité palléale, donne avec lui le manteau; l'autre nappe du feuillet invaginé forme

(1) G. Mangenot, *Thèse*, Paris, 1922.
(2) Séance du 15 juillet 1931.
(3) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1753.

une sorte de volve amniotique recouvrant l'ensemble du bourgeon et de son manteau (*fig.* D, *u*). Ces processus, accompagnés de la croissance du bourgeon, refoulent la masse viscérale, où se différencient les glandes génitales, jusqu'au contact avec la paroi opposée de la massue, devenue axe radiculaire longitudinal (*fig.* C). L'orifice d'invagination reste



A, coupe transversale d'une massue; formation de la cavité palléale, *p*; B, invagination de la cavité périsomatique, *ι*; C, coupe transversale d'un bourgeon âgé; D, diagramme longitudinal d'un bourgeon prêt à devenir externe. — *b*, bourgeon viscéral; *c*, chitine du Pagure; *f*, fenètre; *h*, cavité de la massue; *k*, cavité périsomatique; *l*, lèvre du goulot de la volve; *m*, manteau; *o*, ovaire; *p*, cavité palléale; *r*, axe des racines; t, testicule.

constamment ouvert, au sommet d'une sorte de goulot circulaire (*l*) et ce sont les lèvres de ce goulot qui, s'insinuant entre les tissus du Pagure, écartent ses muscles tégumentaires et son hypoderme et viennent affleurer immédiatement sous la chitine. Ainsi se constitue une « fenêtre » ronde, démunie d'hypoderme, et où fera par conséquent défaut toute sécrétion ultérieure de chitine. Quelque temps après avoir perdu ses sacs externes de la poussée précédente, le Pagure mue : sa nouvelle cuticule présente une perforation au bord de laquelle affleure le goulot de la volve et le bourgeon

viscéral n'a plus qu'à sortir par cet orifice préparé, en se dévaginant de la volve amniotique qui s'efface par rétraction.

Très souvent la nouvelle poussée est équinumérique à celle qu'elle remplace et les fenêtres sont assez voisines des pédicules (cicatrices) des sacs précédents pour simuler une exacte substitution; c'est ce que j'avais indiqué à tort dans une Note antérieure ([1]).

Un examen plus attentif m'a montré qu'il n'y a pas coïncidence exacte, mais tout au plus voisinage intime, et celui-ci même n'a rien d'absolument nécessaire, non plus que le remplacement nombre pour nombre. Aux alentours du nombre 5, qui est le plus fréquent, on observe souvent un remplacement équinumérique; mais en multipliant les dissections, on rencontre aussi des cas où le nombre de la poussée prochaine est supérieur ou inférieur à celui des sacs externes. Il y a donc là un caractère fluctuant, influencé par la vigueur du parasite, peut-être aussi par son âge, compté depuis l'origine de l'infestation du Pagure.

L'ensemble des faits observés conduit à cette conclusion importante que l'hypothèse d'un morcellement polygerminal ne s'impose plus nécessairement. Il apparaît plus vraisemblable que la masse parasitaire issue de l'inoculation d'une Cypris unique reste elle-même indivise et donne naissance à un système radiculaire continu, feutré autour de l'intestin : souche vivace d'où bourgeonneront par poussées discontinues les groupes successifs de sacs externes. Le nombre des massues simultanées produites à chaque fois se manifeste comme obéissant au hasard. C'est à une étude exacte du feutrage périintestinal qu'il appartiendra de trancher définitivement l'incertitude qui subsiste encore sur la continuité ou le morcellement de ce système de racines; ainsi délimité, le problème n'apparaît pas comme insoluble.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Recherches histochimiques sur les lésions initiales de la silicose pulmonaire expérimentale (plaques à silice).* Note ([2]) de M. A. **Policard**, présentée par M. F. Mesnil.

Chez des animaux ayant respiré un certain temps des poussières minérales siliceuses, le tissu pulmonaire montre, à côté de cellules à poussières banales, des massifs cellulaires d'un type spécial, renfermant des particules

([1]) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 771.
([2]) Séance du 15 juillet 1931.

siliceuses et appelées *plaques* par les auteurs qui les ont signalées [Mavrogordato ([1]), Haynes ([2]), Carleton ([3]), etc.].

Au cours de recherches sur les mécanismes histopathologiques de la silicose pulmonaire, j'ai pu préciser certains points concernant la cytochimie de ces formations, telles qu'elles apparaissent dans le poumon de rats blancs ayant respiré des poussières de roche, recueillies dans des chantiers d'attaque du rocher par marteau piqueur. Deux échantillons de poussières ont été étudiés, l'un provenant des mines d'or du Rand (teneur en silice, 83,5 pour 100), l'autre d'une mine de houille du midi de la France (teneur en silice, 81,7 pour 100).

Les plaques résultent de l'accumulation dans des alvéoles (généralement sous-pleurales) d'un certain nombre d'histiocytes provenant du stroma pulmonaire et chargés de particules rocheuses (cellules à poussières). Ce mode de formation est démontré par la constatation des divers stades du remplissage d'une alvéole. Il explique la limitation des plaques par des parois conjonctivo-vasculaires identiques aux parois alvéolaires normales. Il permet de comprendre pourquoi ces plaques ne dépassent jamais un certain diamètre qui est précisément celui des plus grandes alvéoles.

Les plaques apparaissent comme des massifs de cellules. Les noyaux sont nettement limités, peu altérés, peu colorables. Le cytoplasma est finement vacuolaire et pratiquement incolorable aussi bien par les couleurs acides que basiques. Cette incolorabilité est tout à fait caractéristique ; elle a été signalée dès la découverte de ces formations par Mavrogordato. Dans la plaque, on retrouve des cloisons cellulaires, témoins d'un fusionnement incomplet des divers éléments agglomérés.

L'examen microscopique ordinaire montre, dans le cytoplasma, un nombre assez peu élevé (entre 50 et 100 environ) de particules rocheuses, de 2 à 0,5 μ de diamètre et au-dessous, jusqu'à la limite de visibilité et offrant la forme de sphères ou d'aiguilles. L'emploi de l'éclairage tangentiel montre qu'une partie des poussières n'est pas visible à la lumière ordinaire, car, avec l'éclairage sur fond noir, le nombre des particules apparaît plus élevé.

([1]) A. Mavrogordato, *Studies in experimental silicosis and other pneumoconiosis* (*Publ. South African Institute for medical research*, n° 15, 1922, p. 107-164).

([2]) F. Haynes, *Experimental dust inhalation in guinea-pigs* (*Journ. of Hygiene*, 31, 1931, p. 96-123).

([3]) H. M. Carleton, *The pulmonary lesions produced by the inhalation of dust in guinea-pigs* (*Journ. of Hygiene*, 22, 1924, p. 437-472).

Par microincinération, les plaques donnent des amas volumineux de cendres très fines, d'un aspect crayeux caractéristique. Ce procédé montre que la plaque offre, en plus des particules rocheuses résistant à la calcination, un protoplasma imprégné de matières minérales fixes. Ce sont ces dernières qui sont à l'origine des cendres si spéciales fournies par les plaques. Il y a lieu de penser que ces cendres sont siliceuses. Des recherches histochimiques en cours préciseront ce point.

La haute teneur en matières minérales fixes peut expliquer les caractères cytologiques si particuliers des plaques, en particulier leur incolorabilité et leur apparence momifiée signalée par Mavrogordato. Ces plaques à silice paraissent des éléments en quelque sorte figés, comme pétrifiés. Cette imprégnation semble la conséquence de l'attaque, par les sucs cellulaires légèrement alcalins, des particules siliceuses. Certains auteurs ont admis, depuis Gye et Kettle (¹), que les poussières siliceuses étaient dangereuses pour des raisons chimiques. Les faits apportés ici appuient cette hypothèse. Bien que leur substance soit infiniment peu soluble, les particules sont si petites et ont, par là, une surface totale si grande que les liquides cytoplasmiques sont capables de les attaquer. Les produits de cette attaque vont tuer et pétrifier en quelque sorte le cytoplasma.

Ces caractères de la lésion initiale de la silicose semblent susceptibles de faire comprendre divers points de la pathogénie de cette affection. Les cellules qui constituent ces plaques momifiées ne sont plus capables de se déplacer ni d'être éliminées hors du poumon par les voies lymphatiques; elles restent sur place, provoquant des réactions fibreuses dans le tissu pulmonaire environnant (genèse des nodules silicotiques). D'autre part, le cytoplasma dégénéré et riche en silice constitue, pour cette raison, un excellent milieu de culture pour le bacille tuberculeux, ce qui explique la liaison, constante dans la pratique, de la silicose et de la tuberculose.

PHYSIOLOGIE. — *Sur le synergisme de l'hormone hypophysaire et de l'hormone thymique*. Note de M. **Aloncle**, transmise par M. Charles Richet.

Depuis que Kraus et Friedenthal (²) ont montré que l'hormone thyroïdienne augmente l'activité de l'adrénaline, de nombreux cas de synergie

---

(¹) W. E. Gye et E. H. Kettle, *Silicosis and miner's phthisis* (*Brit. Journal of exper. Pathology*, 3, 1922, p. 241-251).

(²) Kraus et Friedenthal, *Berlin. klin. Wochenschr.*, 45, 1908, p. 1709.

endocrinienne ont été signalés. C'est ainsi, en particulier, que Temesvary ([1]) a pu montrer que, aussi bien chez l'animal que chez la femme, l'hormone thymique ou thymine renforce et prolonge l'action que l'hormone hypophysaire ou hypophysine exerce sur l'utérus.

Ce résultat s'accorde d'ailleurs avec celui des recherches de Muller ([2]) et de Del Campo ([3]) qui avaient pu démontrer que la thymine diminue la fatigabilité du muscle strié.

Kestranek, Molitor et Pick ([4]) ayant prouvé qu'il y a concordance entre l'action qu'elle exerce sur l'utérus et l'action qu'elle exerce sur la diurèse, Graff-Pancsova ([5]) a étudié l'action, d'une part de la thymine et de l'hypophysine, d'autre part du mélange de ces deux hormones ou thymophysines. Il a pu constater ainsi que l'addition de thymine à l'hypophysine augmente beaucoup l'action frénatrice que celle-ci exerce sur la diurèse.

Enfin, tout récemment, Veprovsky ([6]) a démontré que, sur l'utérus isolé de ratte, la thymine a une action motrice prolongée mais faible, l'hypophysine une action excitatrice peu durable mais si puissante qu'elle provoque souvent des contractions tétaniques. Si, à une dose tétanisante d'hypophysine, on ajoute de la thymine, le mélange des deux hormones (thymophysine) provoque de façon très durable, en même temps qu'un accroissement du tonus, une augmentation de l'amplitude et une accélération du rythme des contractions de l'utérus isolé de ratte.

Par la méthode de Kehrer Magnus, nous avons pu constater, sur l'utérus isolé de lapine, qu'une dose d'hypophysine, inactive à elle seule, provoquait une augmentation du tonus et un renforcement très marqué des contractions, si l'on y ajoutait une dose de thymine n'ayant elle-même aucune action appréciable. Il semble donc qu'il y ait sensibilisation par la thymine des mécanismes récepteurs sensibles à l'hypophysine. Si, à une dose forte d'hypophysine — dose qui provoque, quand on la fait agir seule, un véritable tétanos de la préparation utérine — on ajoute une dose de thymine n'ayant elle-même qu'une très faible action sur l'utérus, on obtient une augmentation assez forte du tonus de la préparation, mais

---

([1]) Temesvary, *Zentralbl. f. Gynäkologie*, 50, 1926, p. 322.
([2]) Muller, *Zeitschr. f. Biologie*, 67, 1917, p. 489.
([3]) Del Campo, *Zeitschr. f. Biologie*, 68, 1918, p. 285.
([4]) Kestranek, Molitor et Pick, *Biochem. Zeitschr.*, 164, 1925, p. 34.
([5]) Graff-Pancsova, *Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol.*, 146, 1928, p. 1.
([6]) Veprovsky, in *Rozhledy v chirurgii a gynaekologii*, 8, 1929, p. 1.

s'accompagnant non plus de tétanos, mais de contractions amples, rapides et assez régulières. Cette phase d'excitation motrice est beaucoup plus durable que celle provoquée par l'hypophysine seule.

En employant la méthode de Trendelenburg [1] qui permet d'étudier *in situ* les contractions de l'utérus de chienne, nous avons pu observer chez l'animal entier les mêmes phénomènes que nous avions constatés sur l'utérus isolé. La thymine, ici aussi, a renforcé l'action des doses faibles d'hypophysine. D'autre part, quand elles sont administrées en même temps que de la thymine, les doses fortes d'hypophysine provoquent un renforcement très marqué et très durable des contractions utérines qui demeurent régulières et ne sont pas tétaniques.

On s'explique ainsi les résultats que de nombreux gynécologistes, en particulier Jahreiss [2], Caspary [3], Sachs [4], Graff [5], Kahn [6], Liebe [7], Temesvary [8], Olivier [9], Demuth [10] et Jarcho [11] ont obtenu en substituant à l'hypophysine seule le mélange d'hypophysine et de thymine, c'est-à-dire la thymophysine. En ce qui nous concerne nous avons constaté, dans presque tous les cas où nous l'avons employée, que la thymophysine administrée, soit au cours de la période de dilatation quand les contractions sont faibles, soit au cours de la période d'expulsion quand les contractions étaient faibles dès le début ou quand normales initialement elles ont ensuite cessé, produit, tant chez les primipares que chez les multipares, un renforcement très net et surtout très durable des contractions utérines. Dans presque tous les cas, la durée de l'accouchement fut notablement réduite sans aucun danger pour la mère ou pour l'enfant.

On peut donc affirmer que chez la femme comme chez l'animal l'addition de thymine à l'hypophysine, addition réalisée dans la thymophysine, supprime les effets tétanisants des doses moyennes d'hypophysine et prolonge l'activité motrice de celles-ci.

---

(1) TRENDELENBURG, *Zeitschr. f. Biologie*, 61, 1913, p. 67.
(2) JAHREISS, *Zeitschr. f. Gynäkologie*, 50, 1926, p. 2023.
(3) CASPARY, *Münch. medizin. Wochenschr.*, 8, 1927, p. 338.
(4) SASCHS, *Medizin. Klinik*, 23, 1927, p. 728.
(5) GRAFF, *Zeitschr. f. Gynäkologie*, 51, 1927, p. 1373.
(6) KAHN, *Zeitschr. f. Gynäkologie*, 51, 1927, p. 2226.
(7) LIEBE, *Zeitschr. f. Gynäkologie*, 52, 1928, p. 1417.
(8) TEMESVARY, *Zeitschr. f. Gynäkologie*, 52, 1928, p. 2088.
(9) OLIVIER, *Medizin. Klinik*, 24, 1928, p. 1091.
(10) DEMUTH, *Zeitschr. f. Gynäkologie*, 53, 1929, p. 612.
(11) JARCHO, *American Journ. of Obstetrics*, 19, 1930, p. 81.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la répartition du potassium dans le muscle sain ou pathologique.* Note de MM. **A. Leulier**, **B. Pommé** et **R. Delaye**, présentée par M. H. Vincent.

On sait que le potassium est classiquement considéré comme jouant un rôle important au point de vue du tonus musculaire. On sait également que l'automatisme cardiaque est conditionné par la présence d'une certaine quantité de potassium, et le liquide de Ringer est connu de tous les physiologistes. D'autre part les recherches de l'un de nous et de ses collaborateurs [1] ont démontré que le pourcentage de ce même métal était variable suivant qu'il s'agissait d'un muscle strié volontaire ou involontaire et d'un muscle à fibres lisses.

C'est pourquoi il nous a paru intéressant de tenter chez l'homme des recherches qui jusqu'ici n'avaient pas été abordées chez le vivant, du moins à notre connaissance.

Nous avons donc, dans diverses manifestations pathologiques, établi la richesse en potassium, d'une part des muscles striés volontaires et cliniquement sains, et, de l'autre, des muscles atrophiés ou à fonctionnement anormal.

Nous avons fait porter nos dosages sur différentes régions, en nous basant sur le syndrome présenté par le sujet.

Deux prélèvements ont été effectués dans chaque cas, l'un sur le muscle atteint, l'autre en une région musculaire cliniquement saine du côté opposé, et, en règle presque générale, symétrique. Voici nos résultats classés d'après le diagnostic porté; le potassium est exprimé en grammes par kilogramme de tissu frais.

1° Amyotrophie par atteinte nerveuse dite périphérique. — A. *Paralysie du circonflexe; traumatisme violent antérieur :*

Côté malade	3,5
Côté sain	4

(1) A. Leulier, L. Velluz, H. Griffon, *Sur la répartition du potassium dans l'organisme animal* (*Comptes rendus*, 187, 1928, p. 957). Les résultats que nous donnons ici ont été obtenus grâce à la microméthode des mêmes auteurs, car elle permet d'opérer sur $0^g,10$ de tissu frais.

B. *Séquelles de poliomyélite antérieure aiguë.* — *a.* Forme monoplégique :

Muscle pathologique	3,59	3,43
Muscle sain	4,30	»

b. Forme paraplégique :

Muscle pathologique	3,23
Muscle sain (membre supérieur)	4,20

C. *Sclérose en plaques* (forme paraplégique avec amyotropie localisée) :

Muscle pathologique	3,73
Muscle sain (membre supérieur)	4,16

2° Hémiplégie par lésion cortico-sous-corticale. — A. *Hémiplégie par ramollissement récent* (1 mois) :

Côté hémiplégique	3,96
Côté normal	4,25

B. *Hémiplégie par ramollissement ancien* (forme avec contracture et amyotrophie discrète) :

Côté hémiplégique	3,4
Côté normal	4,2

3° Syndrome hémiparkinsonien post-encéphalitique :

Côté atteint	4,37
Côté sain	4,33

4° Syndrome hémicérébelleux :

Côté atteint	3,50	3,65
Côté sain	3,73	3,62

5° Comitialité a début bravais-jacksonien et a fréquence modérée :

Membre atteint	3,75
Au début de la crise	3,45
Membre sain	3,67

6° Syndrome sympathico-surrénalien (avec grosse asthénie et pigmentation remarquable) :

Un seul prélèvement	3,11

D'après ce qui précède on voit que le taux musculaire du potassium peut subir une diminution unilatérale importante dans certaines amyotrophies d'origine tronculaire ou médullaire comme aussi dans les séquelles de ramollissement cérébral.

On peut constater également un abaissement bilatéral dans certains syndromes neurologiques ou neuro-endrocriniens.

Par contre les troubles de fonctionnement attribuables au virus encéphalitique ne paraissent entraîner aucune variation.

Au surplus tous ces faits chimiques concordent avec les faits histologiques que l'un de nous a observés avec R. Noël sur le chondriome de la zone de fonction myoneurale.

BIOLOGIE. — *Fatigue évolutive cyclique et lignées infatigables chez la mouche verte commune* Lucilia sericata *Meig*. Note (1) de M. E. **Roubaud**, présentée par M. F. Mesnil.

En 1922 (2) j'ai montré que la mouche verte commune *Lucilia sericata* devait être rattachée au type physiologique des insectes hétérodynames comme présentant deux sortes de larves : les unes douées d'évolution rapide continue, les autres affectées au stade prénymphal d'un arrêt évolutif spontané.

Me basant sur les résultats que m'avait fournis l'éducation expérimentale en série d'un autre type de mouches communes vivant dans les fumiers, *Mydæa platyptera* Zett, espèce présentant une alternance cyclique régulière entre générations actives douées d'évolution rapide et générations inactives caractérisées par une diapause larvaire et spontanée, j'ai interprété le cas de la Lucilie comme relevant également d'un phénomène spontané cyclique.

Dans mon esprit, l'arrêt évolutif qui frappe les larves de certaines générations de ces mouches correspond à une manifestation de fatigue évolutive ou d'asthénie, indépendante des circonstances extérieures. Cet arrêt de fatigue se présente comme la conséquence du labeur physiologique accumulé par les générations actives antécédentes. L'asthénie qui atteint cycliquement les larves est combattue normalement par le repos d'hiver qui ramène l'activité évolutive dans les générations.

J'ai tenu à contrôler ces conceptions, pour la mouche verte, comme je l'avais fait antérieurement pour *M. platyptera*, en réalisant l'éducation continue, à température d'activité constante, de la Lucilie. La facilité avec

(1) Séance du 15 juillet 1931.

(2) *Bull. Biol. France et Belgique*, 56, 1922, p. 455-544.

laquelle l'élevage de *L. sericata* peut être réalisé au laboratoire m'a permis d'obtenir à l'Insectarium des milliers d'individus de cette mouche en générations successives de lignées diverses, toutes élevées dans les mêmes conditions depuis plus d'un an. Ces recherches me permettent de confirmer, dans leurs traits généraux, les notions précédentes. La diapause survient soudainement dans les élevages normaux, indépendamment des conditions extérieures. Elle se présente comme l'expression d'un cycle de fatigue, dans la succession des générations. Les larves frappées d'asthénie spontanée se réactivent par le repos d'hiver et redonnent ensuite, à la chaleur, des générations actives.

Toutefois, à la différence d'autres espèces comme *M. platyptera*, le cycle de fatigue n'est pas, chez *L. sericata*, fixé d'une manière régulière dans l'espèce. L'intensité, la durée de cette manifestation, le nombre des individus qui en sont affectés et son époque d'apparition dans les générations, varient suivant les lignées. La fatigue ne frappe pas au même degré tous les individus d'une même génération; un plus ou moins grand nombre lui échappent.

Mais le caractère spontané de l'inertie qui frappe cycliquement certains individus comme une tare de fatigue, son caractère héréditaire dans les lignées sont confirmées par le fait suivant : Si l'on poursuit sans arrêt les élevages à haute température continue on voit bientôt, après l'apparition des générations plus ou moins affectées de fatigue cyclique, survenir des générations de plus en plus actives, chez lesquelles l'expression de la fatigue tend à s'éteindre. La sélection continue, dans ces élevages forcés à la chaleur, des individus qui ont résisté à l'inertie cyclique et n'ont point connu la fatigue, aboutit ainsi à la genèse expérimentale artificielle de lignées de mouches évolutivement *infatigables*. A l'hétérodynamie primitive succède l'homodynamie.

De telles lignées, où tous les individns sont devenus doués d'une même activité biologique continue et ne sont plus astreints à la réactivation hivernale, existent-elles dans la nature pour ce type de mouches communes? Le fait n'est pas impossible, au moins dans les régions tropicales où l'espèce en question se trouve représentée à la fois sous sa forme type *L. sericata* et aussi sous une forme adaptée spécifiquement au développement en myiases, c'est-à-dire à une évolution à haute température, *L. argyrocephala* Macq.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La conjugaison du* Paramæcium caudatum *déterminée expérimentalement par modification de la flore bactérienne associée. Races dites conjugantes et non conjugantes.* Note ([1]) de M. **E. Chatton** et Mme **M. Chatton**, présentée par M. F. Mesnil.

Nous avons montré que les conditions de la conjugaison du *Glaucoma scintillans* ([2]), sont au nombre de quatre : 1° l'état d'inanition des Infusoires (crise culturale); 2° un pH du milieu variant de la limite vitale inférieure à 7,8; 3° un délai minimum de douze heures nécessaire à la flexion sexuelle; 4° l'intervention d'un facteur zygogène. Celui-ci est de nature variable. Nous avons reconnu comme très actifs le $CaCl^2$, le Fe^2Cl^6 et surtout l'acide pyruvique. Nous avions mentionné aussi le glucose, mais nous avons démontré ensuite, qu'inactif par lui-même (en culture sur bactéries mortes par exemple), il n'intervient qu'en fournissant de l'acide pyruvique sous l'action des bactéries qui le dégradent. C'est en grande partie à leur action sur les substances du milieu que les bactéries exercent la puissante action zygogène que nous avons mise en évidence.

Ainsi, parmi les quatre conditions de la conjugaison, les trois premières sont faciles à définir et à réaliser, et quand elles le sont, l'apparition de la conjugaison ne dépend plus que de la quatrième. Celle-ci est, au contraire, très peu définie en ce sens que les agents actifs sont de nature trop variable pour qu'il ait été possible de les réduire jusqu'ici à un seul.

Sans cesser de rechercher ce qu'il peut y avoir de commun entre eux, nous avons pensé que les résultats obtenus chez le *Glaucoma scintillans* pouvaient servir de base à une analyse comparée du déterminisme de la conjugaison chez d'autres espèces d'Infusoires.

Nous nous sommes cette fois adressés aux Paramécies (*Paramæcium caudatum*), matériel favori des biologistes qui ont expérimenté sur la vitalité et la sexualité des Infusoires. Ce sont elles qui ont fourni à Calkins et à Woodruff la notion d'évolution périodique par cycles et par rythmes et chez lesquelles a été découvert le phénomène d'endomixie considéré comme une parthénogénèse suppléant périodiquement la conjugaison. Déclarons de suite que l'existence de l'endomixie, reconnaissable seulement

---

([1]) Séance du 15 juillet 1931.

([2]) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 400-403; 188, 1929, p. 1315-1318; 189, 1929, p. 59-62.

sur préparations colorées, complique singulièrement l'étude expérimentale de la sexualité. Mais, aussi bien, n'est-ce pas ce problème dans sa plénitude que nous entendons traiter ici; c'est seulement, comme pour le *Glaucoma scintillans*, celui des conditions qui régissent l'apparition de la conjugaison.

Voici les résultats très nets d'une première série d'expériences :

Au mois de décembre 1927, des Paramécies sauvages sont mises en culture en tubes à essais ([1]). En décembre, on effectue la séparation des bactéries de cette culture. On reconnaît la présence de cinq espèces bactériennes, qu'en attendant une identification plus précise on conserve et étiquette, *a*, *e*, *i*, *o*, *u*. Par lavages successifs en lames creuses, on transfère des Paramécies de cette culture sur les cultures des bactéries *a*, *e*, *i*, *o*, *u* pour tenter de réaliser cinq complexes monobactériens différents. Entre décembre 1927 et juillet 1928, les cultures *a*, *e*, *i*, *o*, *u*, entretenues à 19-20°, souffrent, sans jamais montrer de conjugaison, de chutes du pouvoir de multiplication, considérées avant nous comme caractéristiques des états de dépression. Successivement, et malgré des efforts faits pour les conserver (changement de milieu, changement du rapport surface/volume du milieu), elles s'éteignent. N'était-ce pas là cette extinction fatale des cultures non conjugantes admise par Calkins ? En réalité, la condition monobactérienne de ces complexes n'avait pas été vérifiée et la seule souche qui ait survécu, la souche *u*, s'est montrée polybactérienne à l'épreuve ultérieure. Nous sommes convaincus que les variations du pouvoir de multiplication ou de dépression et l'extinction de ces cultures sont à rapporter aux variations de leur flore bactérienne.

Quant à la souche survivante, elle-même précaire, elles est subdivisée le 28 juillet 1928 en trois sous-cultures : u_1, u_2, u_3; qui ont été entretenues parallèlement jusqu'au 2 décembre 1930. u_2 et u_3 subissent des fluctuations importantes, mais ne montrent jamais de conjugaisons. u_1 évolue plus régulièrement, elle donne des couples à chaque crise culturale (sixième, septième jour de la culture).

En novembre 1930, on fait un contrôle bactérien, en aérobiose et en anaérobiose, des cultures u_1, u_2 et u_3. u_1 est monobactérien : la bactérie associée est un fin coccobacille Gram-négatif, non liquéfiant. En u_2, quatre espèces microbiennes différentes : deux bactéries très voisines de la bactérie u_1, et qui n'en sont peut-être que des variétés, transformées par contact avec les deux espèces suivantes : un *Micrococcus flavus* et une levure rose. Les deux premières sont d'ailleurs prédominantes. En u_3, on identifie

([1]) Pour la technique de culture, voir *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1262-1265.

avec exactitude la bactérie u_1 associée à deux autres plus abondantes.

Nous constatons que la culture u_1 est monobactérienne, tandis que les cultures u_2 et u_3 sont polybactériennes. On ne peut pas ne pas établir d'une part, entre la condition monobactérienne de u_1 et l'uniformité de son évolution, d'autre part entre la condition polybactérienne de u_2 et u_3 et leur évolution fluctuante, une relation de cause à effet. On ne peut surtout pas ne pas attribuer à la bactérie u_1 le pouvoir d'induire les Paramécies à la conjugaison. L'expérience suivante vérifie entièrement ces deux suppositions.

Le 3 février 1931, les Paramécies de souches polybactériennes u_2 et u_3 sont lavées et transférées sur u_1. Elles s'y cultivent depuis ce jour jusqu'à maintenant, comme le fait u_1, avec la même régularité et fournissent (elles qui ne s'étaient jamais conjuguées jusque-là) des couples à chaque crise culturale.

Ce résultat très net montre que deux au moins des conditions de la conjugaison mises en évidence pour le *Glaucoma scintillans* se retrouvent pour le *Paramæcium caudatum*. Ici encore, la crise culturale, c'est-à-dire l'épuisement de l'aliment, apparaît comme nécessaire. Le délai zygogène n'a pas encore été défini, non plus que la zone des pH limites. Si le Fe^2Cl^6, le $CaCl^2$, l'acide pyruvique sont ici sans action, il y a par contre, une substance produite par la bactérie u_1, qu'il faudra déterminer et qui est responsable de l'induction à la zygose. On peut prévoir que les trois premières conditions de la conjugaison sont celles qui ont le plus de généralité, tandis que le ou les facteurs zygogènes (agents chimiques) varient probablement avec chaque espèce.

Nous bornant à une première approximation, ce que nous désirons mettre ici en évidence, c'est que les facteurs bactériens, dont nous avons montré l'influence si nette sur la multiplication et la sexualité du *Glaucoma scintillans*, agissent non moins nettement sur les Paramécies. La démonstration qu'une simple modification de la flore bactérienne associée à l'Infusoire suffit à induire on à inhiber la conjugaison, rend de plus en plus vraisemblable notre hypothèse (¹) suivant laquelle les races dites conjugantes et non conjugantes des Paramécies (Enriques, Zweibaum, Jennings) sont au moins, dans bien des cas, non des races au sens génétique du mot, mais seulement des complexes infusoires-bactéries, dans lesquels les bactéries sont responsables du comportement génésique de l'infusoire.

(¹) *C. R. Soc. Biol.*, **93**, 1925, p. 675-678.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Carotène et vitamine* A. Note ([1]) de M[lle] **D. van Stolk**, MM. **J. Guilbert** et **H. Pénau**, présentée par M. Ch. Fabry.

Dans *Helvetica Chimica Acta* (14, 1931, p. 614), Karrer vient de démontrer l'existence de deux carotènes isomères. Il a isolé un carotène α fondant à 170°, dextrogyre et un carotène β fondant à 182° (non corr.), inactif optiquement. Le spectre d'absorption du carotène α dans le sulfure de carbone présente des maxima à 515-479-448$^{m\mu}$, celui du caroténe β des maxima à 518-482-450$^{m\mu}$.

Au cours de nos recherches sur la préparation de ce pigment (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1499), nous avions constaté qu'il n'est guère possible de précipiter plus de la moitié du carotène total dosé colorimétriquement (appareil Duboscq) et nous avions alors comparé le spectre d'absorption ([2]) de l'extrait lipidique total de carotte (*a*), du carotène de première cristallisation (*b*) et de l'extrait sec (*c*) des eaux mères, toutes ces fractions étant dissoutes dans le toluène et préparées extemporanément (*fig.* 1). Nous avions constaté que le spectre de l'extrait (*a*) contenant la totalité des pigments (courbe II), est déplacé légèrement vers les courtes longueurs d'onde par rapport au spectre du carotène (*b*) (courbe I), et que celui de la fraction (*c*) (courbe III) l'est encore davantage et dans le même sens.

Nous pensions être en présence d'un second pigment qui aurait pu être une xanthophylle, inactive comme vitamine A. Toutefois des essais physiologiques faits sur des rats ont montré que les eaux mères de carotène possèdent encore une activité se rapprochant de celle du carotène. P.F. 179° (non corr.), 192° au bloc Maquenne.

Les précipités cristallins n'ayant subi aucune purification (P. F. 185° au bloc Maquenne) contiennent des cristaux jaunes et rouges; mais ces deux espèces triées à la pince ont cependant un spectre d'absorption identique.

([1]) Séance du 6 juillet 1931.

([2]) Les essais spectrophotométriques ont été faits en collaboration avec M. Dubreuil. Nous avons employé un spectrographe Hilger dont la dispersion nous a permis de mesurer les maxima des bandes avec une précision de ± 2 Å. La source utilisée était la lampe Phillips à bande de tungstène (repère mercure). Les plaques utilisées étaient des micropanchro Lumière; cette émulsion, comme toutes les plaques panchro, présente un minimum de sensibilité vers 5000 Å, ce qui rend difficiles les mesures dans cette région. Les différents spectres obtenus ont été étudiés au moyen du microphotomètre enregistreur à cellule photo-électrique de Lambert et Chalonge.

Puisqu'il n'était donc pas possible de saisir des fractions dissemblables dans la masse cristalline, nous avons voulu étudier la localisation des pigments dans le parenchyme cortical rouge et le cylindre central jaune de la carotte; l'expérience montre cependant que les spectres ainsi obtenus sont identiques.

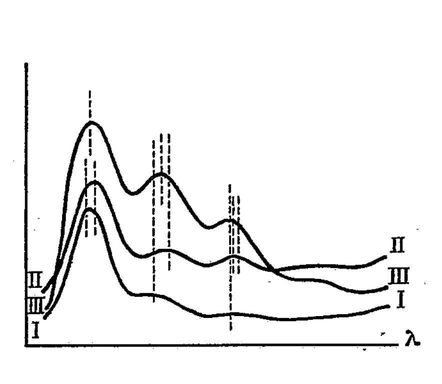


Fig. 1.

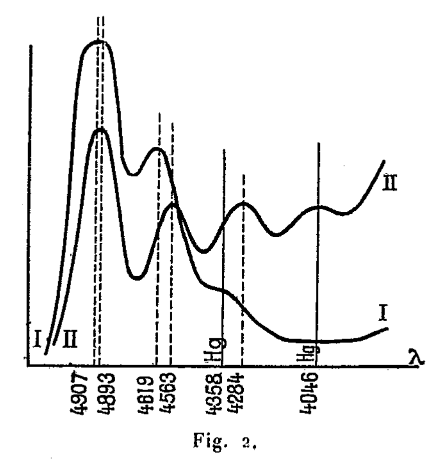


Fig. 2.

Si les déplacements observés provenaient de la présence de xanthophylle, il devait être possible de la séparer, comme Willstätter, en épuisant par l'alcool méthylique à 70 pour 100 une solution, dans l'éther de pétrole du mélange des deux pigments. Le spectre de la fraction ainsi obtenue (évaporée et redissoute dans le toluène) comparé à celui du carotène (P. F. 192°) est représenté dans la figure 2. L'écart des bandes est voisin de 50 Å. Les courbes se croisent. Il ne s'agit donc pas d'une xanthophylle; celle de la jonquille jaune *Golden spur* préparée à cet effet fournit un spectre décalé d'environ 100 Å (maxima 4825-4510-4265 Å), par rapport au carotène.

La fraction extraite à l'alcool méthylique paraît correspondre au caroténe α de Karrer. Elle présente dans le toluène 4 maxima d'absorption à 4893-4563-4284-4046 Å, tandis que le carotème (P. F. 192°) correspondrait au carotène β de Karrer. Dans le toluène nous trouvons deux maxima à 4907 et 4619 Å et une inflexion de la courbe vers 4300; nous pensons que cette inflexion pourrait être due à la présence d'une très faible quantité de carotène α dans le carotène isolé par nous.

En résumé, nous avons pu mettre en évidence l'absence de xanthophylle dans la carotte et la présence de plusieurs carotènes, différant par leurs propriétés physico-chimiques, mais tous doués d'activité physiologique.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la gattine du Ver à soie.* Note de M. **A. Paillot**, présentée par M. P. Marchal.

J'ai montré antérieurement [1] que la gattine du Ver à soie et la flacherie vraie ou flacherie de Pasteur sont des maladies contagieuses mixtes dont la cause première, commune aux deux affections, est un ultravirus analogue à celui de la grasserie et la cause seconde, une bactérie : *Streptococcus bombycis* dans le cas de la gattine ou maladie des têtes claires et *Bacillus bombycis*, dans celui de la flacherie vraie. J'ai montré en outre que la maladie à ultravirus seul peut être transmise facilement d'individu à individu par la voie intestinale.

Ayant conservé en tube capillaire scellé le contenu intestinal centrifugé d'un Ver à soie infecté le 21 juin 1929 avec ultravirus seul, j'ai fait ingérer une goutte de liquide le 10 juin 1931 à vingt Vers à soie prélevés dans un petit élevage de laboratoire parvenu à la fin du troisième âge. A aucun moment, les vers en expérience n'ont présenté de symptôme visible de maladie intestinale; aucun d'eux, en particulier, n'a été atteint de diarrhée. Le 18 juin, un des vers a été sacrifié pour examen cytologique de la paroi épithéliale du mésointestin postérieur; appliquant la méthode rapide décrite dans une Note antérieure [2], méthode qui consiste à imprégner une lame de verre avec lambeau de paroi et à colorer ensuite au Giemsa, j'ai constaté que le noyau d'un certain nombre de cellules épithéliales présentait les lésions caratéristiques de la gattine. D'après les caractères des lésions et leur importance, on peut déduire que les processus cytopathologiques ont commencé de se manifester depuis peu de temps; la période d'incubation apparaît ainsi sensiblement plus longue que dans le cas où l'on utilise comme matériel infectant du contenu intestinal frais. Les mêmes lésions mais plus étendues et plus profondes ont été mises en évidence sur les vers prélevés les 20, 21 et 23 juin; à aucun moment, je n'ai constaté de multiplication anormale du *Streptococcus bombycis* dans le contenu intestinal alors qu'en temps d'épidémie naturelle ou artificielle, cette multiplication est de règle 7 à 9 jours après le début de l'infection.

Le 26 juin, deux vers seulement restaient en expérience et ne se différenciaient nullement des vers de l'élevage témoin d'où ils avaient été prélevés. Tous deux ont été sacrifiés; l'examen cytologique de la paroi épithé-

---

(1) *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 308.

(2) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 679.

liale du mésointestin postérieur a révélé l'existence de lésions nucléaires moins étendues et moins graves que dans les vers examinés précédemment : il s'agit là d'une attaque bénigne de maladie à ultravirus seul et qui paraît en voie de guérison. On peut supposer que cette attaque bénigne due à l'emploi d'un virus de deux ans immunise les vers contre le virus provenant d'une épidémie récente; mais la démonstration n'a pu être faite en raison du manque de matériel.

L'absence de multiplication anormale du *Strept. bombycis* dans le contenu intestinal pendant l'évolution de la maladie est un sérieux argument en faveur de la dualité d'origine de l'ultravirus et du Streptocoque. D'autres faits récemment observés confirment d'ailleurs cette manière de voir : ainsi des Vers à soie de même provenance que ceux expérimentés précédemment et élevés dans de mauvaises conditions hygiéniques ont présenté les symptômes de pseudo-flacherie : réduction du volume du sang, relâchement de l'appareil musculaire, paralysie du tube intestinal avec stase des matières dans le mésointestin et active multiplication de bactéries intestinales; en général, c'est le Streptocoque qui s'est multiplié à l'exclusion de toute autre espèce; cependant je n'ai pu constater l'existence des lésions nucléaires caractéristiques de la gattine chez aucun des vers malades. Maladie intestinale à ultravirus et pseudo-flacherie à Streptocoque sont donc deux entités morbides essentiellement différentes et qui peuvent évoluer séparément; mais alors qu'il suffit de la présence de l'ultravirus pour déclencher les processus caractéristiques de la première, l'évolution de la seconde exige l'action préalable d'autres facteurs; en général, dans la pratique, c'est l'action pathogène de l'ultravirus qui conditionne celle du Streptocoque.

A l'air libre l'ultravirus ne semble pas conserver son pouvoir pathogène aussi longtemps qu'en suspension dans le liquide intestinal maintenu à l'abri de l'air. En effet des vers élevés à partir du troisième âge dans des boîtes ayant renfermé en 1929 des vers gattinés n'ont présenté à aucun moment les lésions de gattine. Il semble donc que la suspension pendant un an de toute éducation dans les maisons où sévit ordinairement la gattine ou la flacherie vraie soit une mesure suffisante pour éviter le retour de toute épidémie.

La séance est levée à 15^h45^m.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 JUILLET 1931.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS DE LAUNAY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **J. C. Fields**, professeur de l'Université de Toronto, qui assiste à la séance.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le tome 190 (1930, 1er semestre) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

HYDRAULIQUE. — *Contribution à l'étude des évacuateurs de crue à galerie souterraine*. Note (1) de MM. **C. Camichel**, **C. Crescent** et **L. Escande**.

Les évacuateurs de crue sont des ouvrages très importants : par exemple, celui de Sarrans, sur la Truyère (Aveyron), que nous avons étudié sur modèle réduit, correspond à une puissance atteignant 2 millions de chevaux ; ils mettent en jeu des phénomènes complexes, dont l'étude permet l'interprétation de certains faits naturels : par exemple les variations de débit que l'on observe parfois dans les cours d'eau souterrains.

Dans cette Note nous envisagerons uniquement le type d'évacuateur constitué par un déversoir et un canal souterrain à forte pente, réunis par une chambre d'eau (*fig.* 1).

Le canal souterrain fonctionne à écoulement libre, pour des débits faibles, et en charge, pour des débits élevés. Le passage d'un mode de fonctionnement à l'autre peut s'effectuer, dans certains cas, d'une manière progressive

---

(1) Séance du 29 juin 1931.

et sans aucune singularité; mais, le plus souvent, il n'en est pas ainsi, et l'on observe des phénomènes alternatifs que nous allons décrire tels que nous les avons observés sur un modèle schématique (*fig.* 1) sur lequel

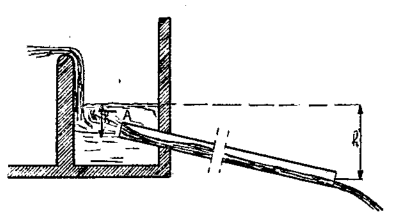


Fig. 1. — Modèle schématique d'évacuateur de crue.

nous avons exagéré les phénomènes de contraction à l'entrée du canal souterrain.

Lorsque le débit de crue augmente progressivement, le niveau de l'eau dans la chambre s'élève, atteint, et dépasse même notablement la cote du point A, sans que le canal se mette en charge; l'eau pénètre à l'amont de celui-ci, avec une forte contraction, puis s'écoule dans le canal dont la partie supérieure est aérée sur toute sa longueur (*fig.* 1). L'air, ainsi logé, est entraîné en partie par le courant d'eau et se renouvelle par le débouché aval du canal; une flamme, placée à cette extrémité, met en évidence une aspiration violente. Au fur et à mesure que le débit de crue augmente, la charge croît, il en est de même du débit q dans le canal et par suite du tirant d'eau. A un moment donné, les remous atteignent le plafond du canal à l'amont et l'eau, occupant toute la section de celui-ci, refoule l'air jusqu'à l'extrémité aval; le souterrain est alors en charge, et le débit du canal qui n'est plus commandé par la charge h, mais par la différence de cote h', entre le niveau dans la chambre d'eau et le débouché aval du canal, prend une valeur beaucoup plus considérable, supérieure au débit du déversoir Q. Le niveau baisse alors rapidement dans la chambre de mise en charge; en même temps, par suite de l'augmentation de vitesse dans la section contractée, une forte dépression prend naissance à l'extrémité amont. Dès que le niveau atteint le voisinage du point A, un tourbillon à axe vertical, aéré, se forme à l'entrée du canal et provoque une rentrée d'air qui, jointe à la diminution du débit résultant de la baisse du niveau dans la chambre, rétablit rapidement l'écoulement à surface libre dans le canal. Le débit du canal souterrain se trouvant diminué de ce fait et étant inférieur au débit déversant, le niveau remonte rapidement, dans la chambre d'eau, jusqu'à la cote pour laquelle s'amorce à nouveau la mise en charge du canal. Le phénomène alternatif se continue ainsi jusqu'aux débits de crue plus élevés, pour lesquels l'écoulement en charge devient stable.

La figure 2 montre la discontinuité correspondant au passage de l'écoulement en charge à l'écoulement en surface libre, dans le cas de notre modèle, et la différence considérable entre les deux valeurs que peut prendre le débit, pour un niveau donné dans la chambre d'eau.

Le phénomène alternatif, que nous venons de décrire, est particulièrement dangereux pour l'ouvrage, en raison des chocs et des variations de pression brusques et violents qu'il provoque. Nous avons imaginé un dispositif permettant de l'éliminer; il est constitué par une cheminée d'aéra-

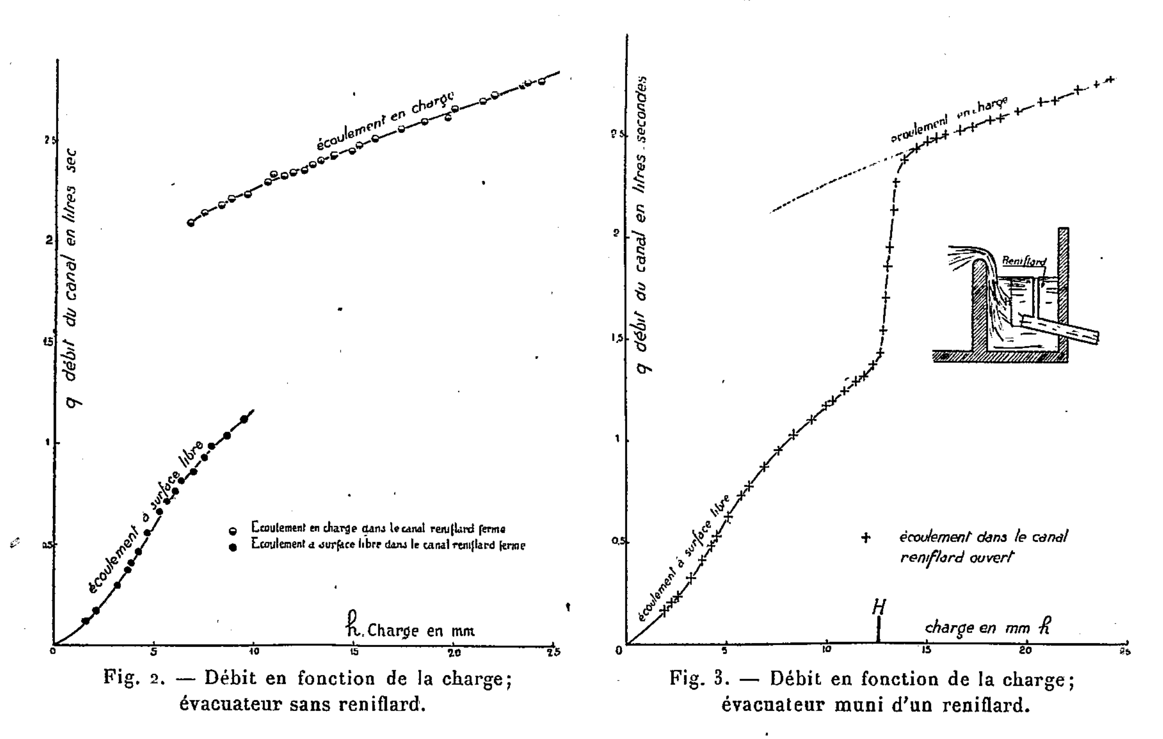


Fig. 2. — Débit en fonction de la charge; évacuateur sans reniflard.

Fig. 3. — Débit en fonction de la charge; évacuateur muni d'un reniflard.

tion venant se raccorder au canal souterrain dans la zone où les dépressions tendent à se former (*fig.* 3). L'extrémité supérieure de cette cheminée d'aération débouche dans la chambre d'eau à une cote légèrement inférieure à celle que l'on admet pour la crue maxima.

On voit sur la figure 3 que la courbe du débit en fonction de la charge, lorsque cette sorte de reniflard fonctionne, est d'abord confondue avec la portion inférieure de la courbe analogue obtenue sans reniflard, puis s'élève rapidement lorsque le niveau dans la chambre dépasse l'extrémité supérieure du reniflard et supprime ainsi automatiquement l'aération. Enfin, au delà, la courbe se confond encore avec l'extrémité supérieure de la courbe obtenue sans reniflard. Le phénomène alternatif est supprimé, puisqu'il n'y a plus coexistence possible de deux modes d'écoulement différents, correspondant à des valeurs nettement distinctes du débit, pour un même niveau amont.

On observe, dans la chambre d'eau, la formation d'un tourbillon dont

l'axe situé dans un plan horizontal est alimenté par l'air qui se trouve à la partie amont du canal (*fig.* 4).

On observe également, dans certains cas, pour des charges élevées, un autre phénomène alternatif d'amplitude plus faible et sans rentrée d'air; ce phénomène provient d'un changement de configuration des filets dans la chambre d'eau; ceux-ci peuvent descendre le long du parement du barrage (*fig.* 5), ou passer au-dessus du débouché du canal (*fig.* 6), ou enfin pénétrer directement dans le collecteur (*fig.* 7); dans ce dernier cas, le débit est maximum. Ces configurations des filets sont liées au déplacement de la surface libre, ce qui entraîne le phénomène alternatif.

Il convient de rapprocher ce phénomène de variations du débit, dues aux configurations de filets, de phénomènes analogues assez fréquents en hydraulique, tels que ceux qui se produisent, comme nous l'avons montré, lors du débouché d'une veine liquide dans un espace fluide à dimensions plus grandes, que l'élargissement soit brusque ou rapidement progressif.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les lois absolues de la lumière et sa loi de relativité. Révision du postulat d'Einstein*, par E. Carvallo.

2° *Le Bulletin mensuel de l'Office National Météorologique de France*, publié sous la direction du général Delcambre, 1929.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la recherche des équations* $s = f(x, y, z, p, q)$ *intégrables par la méthode de Darboux.* Note [1] de M. **J. Pasquier**, transmise par M. Goursat.

Dans une Note aux *Comptes rendus* du 1er juin, M. Gosse établit des conditions nécessaires pour qu'une équation de la forme

$$(1) \qquad \frac{da(x, y, z, p)}{dy} + ab(x, y, z, q) + b_1(x, y, z, q)$$

ait une involution du second ordre et une autre d'ordre $n > 2$.

---

[1] Séance du 15 juillet 1931.

Évacuateurs de crue à galerie souterraine.

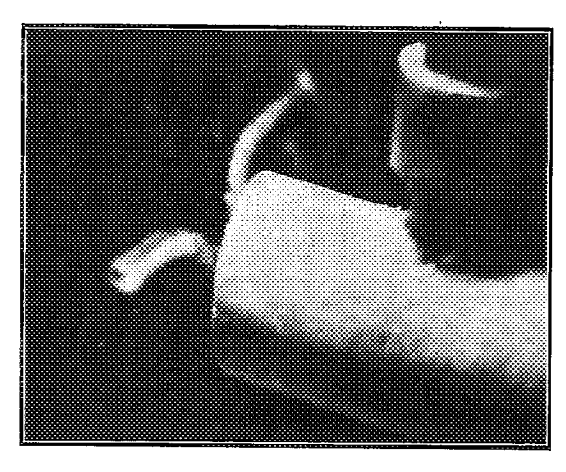


Fig. 4. — Tourbillons qui prennent naissance dans la chambre d'eau, à l'amont du canal; les extrémités du tourbillon s'appuient sur les parois latérales dont la plus rapprochée est en verre.

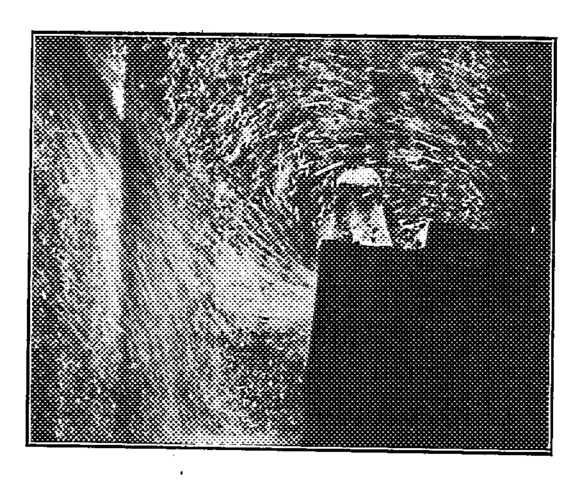


Fig. 5. — Changement de configuration des filets dans la chambre d'eau; la lame déversante passe au-dessous du débouché du canal.

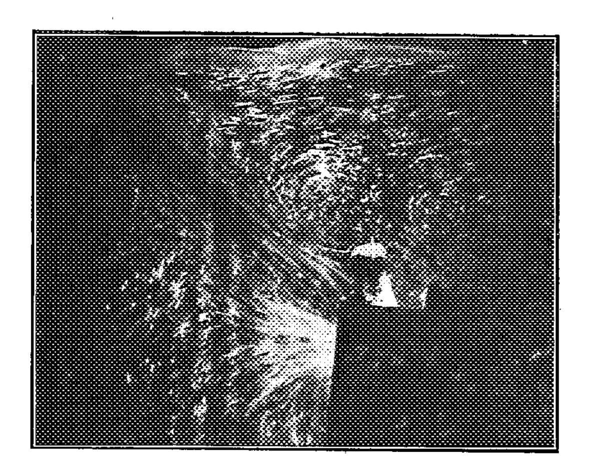


Fig. 6. — Changement de configuration des filets dans la chambre d'eau; la lame déversante passe au-dessus du débouché du canal.

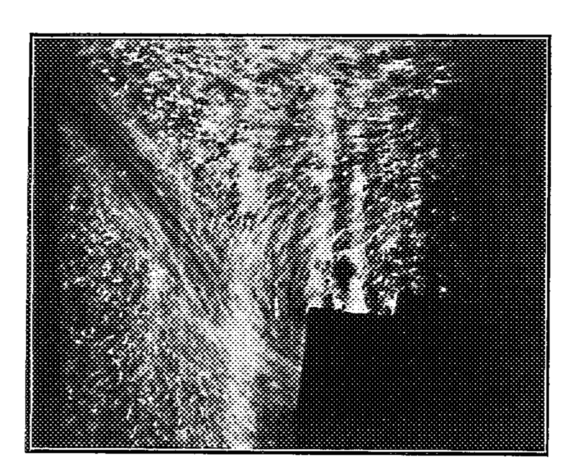


Fig. 7. — Changement de configuration des filets dans la chambre d'eau; la lame déversante pénètre directement dans le canal.

J'ai abordé le même problème d'une autre manière; les notations employées dans ce qui suit sont celles de M. Gosse.

La condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe une involution du second ordre du système X est qu'il y ait une fonction $\psi(x, y, z, p)$ telle que soit vérifié

$$\frac{\delta\psi}{\delta y} - \psi\frac{\partial f}{\partial p} + \mathrm{H}(f) = 0. \tag{2}$$

Dérivons (1) par rapport à p nous obtenons

$$\frac{\delta}{\delta y}\operatorname{Log}\frac{\partial a}{\partial p} + \frac{\partial f}{\partial p} = b; \tag{3}$$

puis, en posant $\alpha = \dfrac{\dfrac{\partial^2 a}{\partial p^2}}{\dfrac{\partial a}{\partial p}}$,

$$\frac{\delta\alpha}{\delta y} + \alpha\frac{\partial f}{\partial p} + \frac{\partial^2 f}{\partial p^2} = 0. \tag{4}$$

Les conditions (2) et (4) sont les conditions (G), page 16 de la Thèse de M. Lainé (1).

Or, si l'on pose $\mu = \dfrac{\partial\psi}{\partial p} + \alpha\psi - \mathrm{H}\left(\operatorname{Log}\dfrac{\partial a}{\partial p}\right)$, on tire de (2), (3) et (4)

$$\frac{\delta\mu}{\delta y} + \mathrm{H}(b) + \mathrm{F}(f) = 0. \tag{5}$$

Cette condition (5) n'est autre que la condition (1″), page 39 de la Thèse de M. Gosse (2), dans laquelle on aurait fait $m = 2$. Or le Chapitre III de cette Thèse est précisément consacré à l'étude de (4) et (5) et des conditions corrélatives se rapportant au système Y. Les conclusions de ce Chapitre peuvent donc s'étendre au problème qui nous occupe dès qu'elles ne supposent pas $m \neq 2$. Il en est ainsi pour les deux cas que M. Gosse a traités explicitement. J'ai étudié et résolu plusieurs autres cas.

---

(1) Lainé, *Thèse de Doctorat* (Imprimerie de l'Université; Varsovie, 1928).

(2) Gosse, *Thèse de Doctorat* (chez Privat, Toulouse, 1921).

ÉLASTICITÉ. — *Sur les points conjugués de l'équation d'élasticité de M. de Fontviolant.* Note (1) de M. **Édouard Callandreau**, transmise par M. G. Kœnigs.

1. M. Bertrand de Fontviolant (2) a établi pour un système élastique une relation générale entre les déformations (déplacements λ et rotations φ) et les éléments de la réduction des forces extérieures de gauche relatifs aux diverses sections. Cette relation exprime en fait l'égalité du travail des forces $\mathcal{F}$ et des couples $\mathcal{C}$ auxiliaires (calculé pour les déplacements subis par leurs points et leurs sections d'application dans le système *hyperstatique* sous l'influence des forces F extérieures *réellement* appliquées et de la variation de température τ), au travail des forces élastiques engendrées par les forces $\mathcal{F}$ et les couples $\mathcal{C}$ dans le système rendu *isostatique* (calculé pour les déformations subies par le système *hyperstatique* sous l'influence des forces F et de la variation de température τ).

Ce même auteur a montré aussi que cette relation qui, dans le cas de la flexion plane, s'écrit, en désignant par r le rayon de giration d'une section par rapport à l'axe mené par son centre de gravité normalement au plan de la ligne moyenne s, et posant $\frac{E\Omega}{GS} = a$,

$$\Sigma \mathcal{F}\lambda + \Sigma \mathcal{C}\varphi = -\alpha\tau \int \mathcal{N}\, ds + \int \frac{\mathcal{M} M + \mathcal{N} N r^2 + \mathcal{T} T a r^2}{EI}\, ds, \tag{1}$$

peut (3) alors se mettre sous la forme

$$\Sigma \mathcal{F}\lambda + \Sigma \mathcal{C}\varphi = -\alpha\tau \int \mathcal{N}\, ds + \int \frac{\mathcal{M}_1 M_1 + \mathcal{M}_2 M_2 + \mathcal{M}_3 M_3}{3EI}\, ds, \tag{2}$$

les lettres $\mathcal{M}$ et M représentant respectivement les moments des forces auxiliaires $\mathcal{F}$ et $\mathcal{C}$ et des forces extérieures réellement appliquées, à gauche de la section, par rapport à trois points $H_1 H_2 H_3$ du plan de la ligne moyenne dits *points conjugués* dont il a énoncé certaines propriétés.

Je me propose ici d'indiquer un procédé très simple pour retrouver celles-ci, auxquelles j'ajouterai d'ailleurs quelques autres.

2. L'identification des seconds membres de (1) et (2) conduit aux équa-

(1) Séance du 6 juin 1931.

(2) *Bull. des Sc. math.*, 42, 1918; oct., p. 241; nov., p. 285; déc., p. 313.

(3) *Résistance des matériaux*, 2, p. 710 (chez Baillère).

tions de condition suivantes entre les coordonnées $\xi_1\xi_2\xi_3$, $\eta_1\eta_2\eta_3$ des points $H_1H_2H_3$ évidemment en nombre infini, rapportés aux axes $O\xi$, $O\eta$ dirigés suivant la tangente à la ligne moyenne au centre de gravité O de la section, et sa normale en ce point :

$$\Sigma\xi_1^2 = 3ar^2, \qquad \Sigma\eta_1^2 = 3r^2, \qquad \Sigma\xi_1 = 0, \qquad \Sigma\eta_1 = 0, \qquad \Sigma\xi_1\eta_1 = 0.$$

Si j'effectue la transformation homographique

$$(3) \qquad (X_1X_2X_3) = \frac{1}{\sqrt{a}}(\xi_1\xi_2\xi_3), \qquad (Y_1Y_2Y_3) = (\eta_1\eta_2\eta_3),$$

on vérifie aisément que la figure transformée du triangle $P(H_1H_2H_3)$ est un triangle équilatéral T inscrit dans un cercle C de centre O et de rayon $r\sqrt{2}$, figure invariable quel que soit le triangle intial P, se déduisant du reste de l'une quelconque des transformées par simple rotation autour de O.

Une transformation homographique met d'autre part en évidence des points doubles définis par les relations $m\xi = X$, $m\eta = Y$, où m est un facteur de proportionnalité. L'équation en m s'écrit d'ailleurs ici

$$\left(\frac{1}{\sqrt{a}} - m\right)(1-m)^2 = 0.$$

Elle conduit à l'existence d'un point double à l'infini dans la direction de l'axe des ξ, et à une infinité de points doubles sur l'axe des η, ce qui revient à dire que l'axe des η est commun aux figures proposée P et transformée T.

3. Effectuant maintenant sur T la transformation homographique inverse de (3), on reconnaît que l'équation $\frac{X^2}{2r^2} + \frac{Y^2}{2r^2} = 1$ du cercle C se transforme en $\frac{\xi^2}{2ar^2} + \frac{\eta^2}{2r^2} = 1$, équation d'une *ellipse* E de centre O et d'axes $2r\sqrt{2a}$ et $2r\sqrt{2}$ respectivement portés par les axes $O\xi$, $O\eta$, sur laquelle sont ainsi *situés tous les points* H. Du fait que l'ellipse E peut être regardée comme la contraction (ou la dilatation) du cercle directeur C relatif à l'axe $2r\sqrt{2}$ commun aux deux figures, on déduit des propriétés d'un triangle équilatéral T inscrit dans le cercle C les propriétés suivantes d'une figure P transformée inverse inscrite dans E :

Un des trois points H *étant donné, les deux autres sont déterminés de façon unique;* car T est symétrique par rapport à l'une quelconque de ses médianes.

Les directions des côtés d'un triangle P *sont conjuguées des directions de leurs médianes respectives;* car d'une part les milieux des côtés de T

deviennent les milieux des côtés de P, et d'autre part dans T les directions des côtés et de leurs médianes correspondantes sont orthogonales.

Les côtés de P (*ou leurs prolongements*) *coupent leurs transformés de* T (*ou leurs prolongements*) *en trois points en ligne droite*; car ceux-ci se trouvent tous les trois sur l'axe double d'homographie.

Les figures P *et* T *ont respectivement même centre de gravité; et le centre de gravité de toutes les figures* P *est le même point* O; car O centre de gravité de toutes les figures T se trouve d'autre part sur l'axe double d'homographie.

Je signale encore que les *triangles* P *sont tous circonscrits à une seconde ellipse* E' *de centre* O *également; qu'ils ont tous même surface et même somme des carrés de leurs côtés.*

4. Je considère en terminant le cas particulier de a nul, ce qui revient à négliger l'action des efforts tranchants; il correspond d'autre part à une contraction $\frac{1}{\sqrt{a}}$ parallèle à l'axe des ξ infinie du cercle C, dégénéré alors en une droite qui n'est autre que l'axe des η sur lequel se trouvent alors situés tous les groupes des trois points H. Mais dans ce cas il est plus simple de ne considérer que deux points (dont il n'existe d'ailleurs qu'un système unique) également portés et à des distances de $O \pm r$ sur l'axe des η.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la stabilité des mouvements laminaires des liquides visqueux incompressibles.* Note [1] de M. **Alfred Rosenblatt.**

Envisageons le mouvement laminaire parallèle à l'axe des x d'un fluide visqueux incompressible entre deux parois $y = -H$, $y = +H$ qui se meuvent en sens opposés avec les vitesses $-U$, $+U$. Cherchons à satisfaire à l'équation déterminant la fonction Ψ de Stokes,

$$\nu\Delta\Delta\Psi - \frac{D(\Psi, \Delta\Psi)}{D(x, y)} - \frac{\partial\Delta\Psi}{\partial t} = 0, \tag{1}$$

en posant

$$\Psi = \Psi_0 + \sum_1^\infty \varepsilon^k \Psi_k(x, y, t), \tag{2}$$

où l'on a

$$\Psi_0 = -\frac{Uy^2}{2H}.$$

---

[1] Séance du 20 juillet 1931.

Les Ψ_k sont donnés par les équations

$$\nu\Delta\Delta\Psi_k - \frac{U}{H} y \Delta\Psi_k - \frac{\partial\Delta\Psi_k}{\partial t} = \sum_{\substack{l+m=k \\ l,m=1\ldots k-1}} \Psi_{lx}\Delta\Psi_{my} - \Psi_{ly}\Delta\Psi_{mx} \tag{3}$$

$$(k = 1, 2, \ldots).$$

Posons

$$\Psi_k = \sum_{h=0}^{k} e^{-\{[h\bar\lambda + (k-h)\lambda]x + [h\bar\mu + (k-h)\mu]t\}} . f_{k-h,h}(y), \tag{4}$$

les λ, $\bar\lambda$ et les μ, $\bar\mu$ étant conjugués complexes. Posons aussi

$$\varphi_{k-h,h} = f''_{k-h,h} + [h\bar\lambda + (k-h)\lambda] f_{k-h,h}. \tag{5}$$

On aura pour déterminer les φ et les f des équations différentielles ordinaires du deuxième ordre.

Bornons-nous au cas de $U = 0$, c'est-à-dire du *mouvement fondamental nul* et supposons λ, μ *réels positifs*, donc des perturbations *évanescentes* à l'infini. On aura alors

$$\Psi_k = e^{-k\lambda x - k\mu t} f_k(y). \tag{6}$$

λ, μ satisfont à une des deux équations

$$\frac{\sin\left(\sqrt{\lambda^2 + \frac{\mu}{\nu}} - \lambda\right) H}{\sqrt{\lambda^2 + \frac{\mu}{\nu}} - \lambda} \mp \frac{\sin\left(\sqrt{\lambda^2 + \frac{\mu}{\nu}} + \lambda\right) H}{\sqrt{\lambda^2 + \frac{\mu}{\nu}} + \lambda} = 0. \tag{7}$$

Pour le signe $-$, les φ_k, f_k sont impairs; pour le signe $+$, ils sont pairs ou impairs selon que k est impair ou pair.

Supposons le premier cas. On a

$$f_k = -\frac{1}{k\lambda} \int_y^H \sin k\lambda(y - u)\, \varphi_k(u)\, du. \tag{8}$$

Les φ_k sont donnés par les formules de récurrence de forme

$$\varphi_k(y) = \frac{1}{\nu} \left\{ \sum_{\substack{l+m=k \\ l,m=1\ldots k-1}} \int_0^y \sum \int_u^H \mathcal{G}_k(y, u, \zeta)\, \varphi_l(\zeta)\, \varphi_m(u)\, d\zeta\, du \right.$$
$$\left. + \sin r_k y \sum_{\substack{l+m=k \\ l,m=1\ldots k-1}} \int_0^H \int_u^H \mathcal{H}_k(u, \zeta)\, \varphi_l(\zeta)\, \varphi_m(u)\, d\zeta\, du \right\} \tag{9}$$

$$(k = 2, 3, \ldots),$$

$$r_k = \sqrt{k^2\lambda^2 + k\frac{\mu}{\nu}}.$$

Dans tout intervalle positif I de λ, il ne peut exister qu'un nombre *fini* de valeurs de λ, soient λ_0 pour lesquels les relations (9) n'aient pas lieu pour un μ convenable.

Pour tout intervalle I_1, intérieur à I et extérieur aux λ_0, les fonctions $\mathcal{G}_k$, $\mathcal{H}_k$ sont *uniformément continues*.

Si $\Phi_1, \ldots, \Phi_{k-1}$ sont des nombres positifs majorant les fonctions $\varphi_1, \ldots, \varphi_{k-1}$, il existe un nombre N positif tel que

$$\Phi_k = N(\Phi_1 \Phi_{k-1} + \ldots + \Phi_{k-1}\Phi_1), \tag{10}$$

soit un nombre majorant φ_k. En suivant un raisonnement employé par M. Odquist dans des travaux récents sur l'existence des solutions des équations de Navier-Poisson on montre que la série (2) converge uniformément et absolument pour

$$|\varepsilon| < \frac{1}{R_1 E_1 L}, \tag{11}$$

où L est un nombre fixe, $E_1 = e^{-\lambda x - \mu t}$ et R_1 est le nombre de Reynolds

$$R_1 = \frac{4U_1 H}{\nu},$$

correspondant à la vitesse $u_1 = -\Psi_{1y}$, $U_1 = A_1 H$, si l'on a

$$\varphi_1 = A_1 \sin r_1 y.$$

On voit la différence profonde qui existe entre l'étude du cas *non linéaire* et entre celle de l'approximation *linéaire*.

Les raisonnements précédents s'appliquent avec plus de difficulté à l'étude du cas $U \neq 0$.

Quant aux perturbations *périodiques* leur étude est d'une toute autre difficulté, puisqu'il faut partir des représentations (4) et que les petits dénominateurs (ou dénominateurs nuls) sont bien plus embarrassants. Cette étude montre la raison de la divergence entre l'expérience et les résultats des recherches sur la stabilité effectuées jusqu'ici.

ASTRONOMIE. — *Une méthode nouvelle pour l'étude de la rotation galactique.* Note de M. **Henri Mineur**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. Le problème de la rotation galactique a pris une importance particulièrement grande dans l'étude de la forme de l'univers stellaire depuis que l'hypothèse supergalactique a été proposée,

Actuellement deux hypothèses sur la forme de la Voie lactée se trouvent en présence :

L'hypothèse galactique d'après laquelle notre univers est une spirale de dimensions exceptionnelles dont le centre est à 12000 parsecs du Soleil dans la direction du Sagittaire (longitude 330°), et l'hypothèse supergalactique d'après laquelle la Voie lactée est un amas de spirales, analogues à ceux de Coma Virgo et du Centaure; dans cette dernière hypothèse le centre de cet amas se trouverait dans la constellation du Sagittaire et le centre de la spirale dans laquelle se trouve le Soleil, ou système local, serait dans la constellation de la Carène (longitude 240°) à 200 parsecs environ.

L'étude de la répartition des étoiles dans l'espace ne permet pas de trancher la question. J'estime que, seule, l'étude de la rotation d'ensemble des étoiles permettra de le faire. Si nous constatons que le centre de rotation des étoiles proches est dans le Sagittaire, c'est l'hypothèse galactique qui doit être adoptée; si, au contraire, le centre est dans la Carène on peut considérer l'hypothèse supergalactique comme très probable.

2. La méthode de Oort pour l'étude de la rotation galactique, appliquée soit aux vitesses radiales, soit aux mouvements propres, a été la première utilisée et a conduit son auteur à la découverte du phénomène attendu; elle a l'inconvénient de fixer la longitude du centre a un multiple entier près de 90° et de ne pas apporter de réponse à la question posée au paragraphe 1.

La détermination simultanée des coefficients A et B de Oort permet de lever cette indétermination et donne un résultat favorable à l'hypothèse galactique, moyennant quelques hypothèses dynamiques, très plausibles, faites par Lindblad, par exemple l'hypothèse d'après laquelle la galaxie est en équilibre isotherme. Mais B représente la rotation angulaire d'ensemble des étoiles par rapport à des axes de directions fixes dans l'espace et si l'on examine le problème de près on s'aperçoit que la détermination de ces axes est basée sur la connaissance des éléments du système solaire. Une petite erreur sur ces éléments, sur la masse de Vénus par exemple, modifie cette constante; on peut donc penser que toute méthode basée sur la connaissance de B laisse planer une incertitude sur le résultat. Aussi la méthode de Oort-Lindblad peut-elle paraître sujette à caution pour résoudre le problème posé.

3. L'étude des termes de Dyson et celle du second courant asymétrique donnent des résultats favorables à l'hypothèse supergalactique, mais il n'est pas impossible d'interpréter ces résultats autrement que par une rotation différentielle, en supposant que les étoiles appartenant au courant de Ursa

Major sont plus nombreuses qu'on ne l'a cru jusqu'à présent et en proportion variable dans les diverses régions du ciel.

4. Pour ces raisons nous avons élaboré une méthode qui ne laisse pas d'incertitude sur la position du centre et qui élimine la constante B.

Soient E une étoile, x, y, z ses coordonnées par rapport à trois axes galactiques, X, Y, Z les composantes de sa vitesse spatiale. Divisons le plan galactique en carrés et, pour les étoiles qui se projettent à l'intérieur de chaque carré, formons les moyennes $\overline{X}$, $\overline{Y}$, des deux premières composantes de la vitesse; on a ainsi la vitesse moyenne de translation des étoiles en divers points du plan galactique. Si X_0, Y_0, représente la vitesse du Soleil par rapport au centre de rotation, la vitesse d'ensemble des étoiles par rapport à ce même point est $\overline{X}+X_0$, $\overline{Y}+Y_0$. X_0, Y_0 étant inconnus, on est conduit à former les dérivées de $\overline{X}$, $\overline{Y}$, par rapport à x, y. Soient r, θ les coordonnées polaires du point x, y par rapport au centre de rotation, Ω sa vitesse angulaire et K sa vitesse d'éloignement de ce centre, on établit facilement que :

$$\Phi = \frac{\partial \overline{X}}{\partial y} - \frac{\partial \overline{Y}}{\partial x} = -\left(\Omega + r\frac{\partial \Omega}{\partial r}\right),$$

$$\Psi = \frac{\partial \overline{X}}{\partial x} + \frac{\partial \overline{Y}}{\partial y} = \frac{K}{r} + \frac{\partial K}{\partial r};$$

$$\frac{\partial \overline{X}}{\partial x} - \frac{\partial \overline{Y}}{\partial y} = \left(\Omega + r\frac{\partial \Omega}{\partial r}\right)\sin 2\theta + \left(\frac{K}{r} - \frac{\partial K}{\partial r}\right)\cos 2\theta,$$

$$\frac{\partial \overline{X}}{\partial y} + \frac{\partial \overline{Y}}{\partial x} = \left(\Omega + r\frac{\partial \Omega}{\partial r}\right)\cos 2\theta + \left(\frac{K}{r} + \frac{\partial K}{\partial r}\right)\sin 2\theta.$$

X et Y étant connus en divers points, on formera leurs dérivées par rapport à x et y et l'on obtiendra en chaque point les valeurs de Φ et Ψ. On tracera les courbes $\Phi = \text{const.}$, $\Psi = \text{const.}$, et l'on cherchera à représenter ces courbes par des circonférences dont le centre est le centre de rotation cherché. On voit que cette méthode ne fait intervenir aucune hypothèse dynamique et élimine une rotation absolue des axes, car si l'on ajoute une constante quelconque à Ω les courbes $\Phi = \text{const.}$ ne se trouvent pas modifiées.

Elle présente en outre l'avantage de fixer sans ambiguïté la direction du centre et donne la distance de ce dernier par des considérations purement cinématiques.

Les étoiles B et les géantes des types G, K et M sont les plus indiquées pour une telle étude.

ASTRONOMIE. — *Sur le mouvement de rotation d'ensemble des étoiles du type* B. Note de M. **Pierre Guintini**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. Nous avons calculé les coordonnées x, y, z de 700 étoiles B par rapport à trois axes galactiques ainsi que les composantes X, Y, Z des vitesses de ces étoiles suivant les mêmes axes.

Les mouvements propres sont tirés du catalogue de Boss et les corrections de Raymond leur ont été appliquées. Les vitesses radiales sont extraites des catalogues de Voûte, de Lick et de Yerkes. Les parallaxes sont spectroscopiques ou hypothétiques.

2. Par rapport à ces étoiles la vitesse du Soleil est de 20,0 km/sec vers le point $A = 270°$, $D = +28°$. En classant les étoiles d'après z, distance au plan galactique, on n'a constaté aucune variation sensible de X et Y en fonction de z.

3. Nous avons appliqué à ces étoiles la méthode exposée par M. Mineur dans la Note ci-dessus pour l'étude de la rotation galactique.

Les étoiles ont été rangées en 37 groupes, les étoiles d'un même groupe sont celles pour lesquelles x, y sont compris entre des limites telles que $x \mp 50$, $y \mp 50$ (parsecs); x et y variant de -300 à $+200$. Dans chaque groupe nous avons formé les moyennes $\overline{X}$, $\overline{Y}$, qui représentent la vitesse d'ensemble $\vec{V}$ des étoiles B au point x, y.

Nous avons constaté que $\overline{X}$, $\overline{Y}$ varient systématiquement et d'une manière considérable avec x; y.

4. Nous avons calculé les dérivées de X et Y par une méthode graphique : on trace des courbes X = const. et Y = const. qui représentent le mieux les données numériques, puis, en chaque point, on mène la normale à ces courbes et l'on évalue la dérivée normale de $\overline{X}$ ou $\overline{Y}$. Nous en avons déduit le rotationnel Φ et la divergence Ψ de $\vec{V}$ en divers points du plan galactique (en km/sec^{-1} par sec^{-1}).

5. Voici par exemple les valeurs de $100\,\Phi$ en quelques points :

y.	$x = -150$.	-50.	$+50$.	$+150$.
+150	+3,4	+3,0	−1,5	−0,4
+ 50	+6,0	+4,1	+2,4	+0,6
− 50	+6,5	+3,5	+4,1	−2,6
−150	+8,2	+4,7	+5,6	−0,9
−250	+4,0	+5,1	+4,5	+2,9

Φ varie d'une manière considérable d'un point à un autre du plan galactique; son maximum est environ $+8.10^{-2}$, et est atteint en un point A situé dans le troisième quadrant; les coordonnées de A semblent voisines de $x=-150$, $y=-150$; Φ diminue lorsqu'on s'éloigne de A, et prend des valeurs négatives dans le premier quadrant.

Les courbes $\Phi=$ const. sont assez bien assimilables à des cercles ayant A pour centre. Ce résultat conduit à placer le centre de rotation des étoiles étudiées en un point voisin de la constellation de la Carène à un peu plus de 200 parsecs du Soleil; il est favorable à l'hypothèse supergalactique.

6. Si l'on veut rejeter cette interprétation il faut admettre que les résultats précédents sont accidentellement provoqués par les amas en mouvement, comme celui du Scorpion Centaure, auquel les étoiles B appartiennent en proportion notable. Mais si l'on interprète Φ comme dû à un mouvement de rotation d'ensemble notre résultat est incompatible avec la théorie de Oort.

7. Voici les valeurs de 100 Ψ en quelques points :

y.	$x=-150$.	-50.	$+50$.	$+150$.
$+150$	$-1,8$	$+1,2$	$-13,0$	$-8,6$
$+50$	$+1,5$	$+4,4$	$-9,5$	$-4,2$
-50	$+6,9$	$+11,3$	$+8,2$	$+6,0$
-150	$+7,1$	$-2,5$	$+4,8$	$+5,9$
-250	$-8,6$	$-12,5$	$-5,0$	$-1,9$

Ψ est maximum $(+12.10^{-2})$ aussi dans le troisième quadrant, près du point A′ de coordonnées $x=-100$, $y=-50$; il décroît lorsqu'on s'éloigne de A′, Ψ atteint la valeur zéro à 200 parsecs environ de ce point et prend, à partir de cette distance, des valeurs négatives; cette variation est moins nette que celle de Φ; il y a une perturbation dans le quatrième quadrant où Ψ est voisin de $+5.10^{-2}$.

ACOUSTIQUE. — *Absorption des ondes ultra-sonores par l'eau.* Note [1] de M. **P. Biquard**, présentée par M. Jean Perrin.

1. *Production des ondes ultra-sonores.* — Un disque circulaire de quartz piézo-électrique doré sur ses deux faces est placé dans un circuit oscillant excité sur un harmonique impair de sa fréquence de vibration propre. Cette

[1] Séance du 1er juin 1931

excitation est réalisée grâce à une cabine d'émission de T. S. F. de 200 watts, commandée par un maître-oscillateur à quartz. Pour mesurer l'intensité du courant traversant le quartz émetteur, un circuit auxiliaire, en résonance sur la fréquence d'utilisation, est couplé lâchement avec le circuit du quartz. Ce circuit comprend un thermo couple agissant sur un galvanomètre G (*fig.* 1).

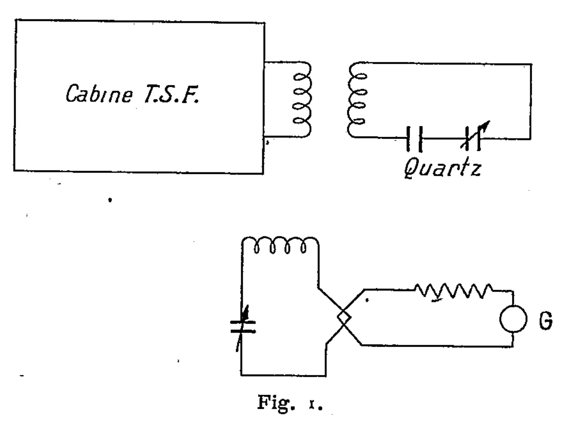


Fig. 1.

Un étalonnage préalable montre que les élongations du galvanomètre sont proportionnelles au carré de l'intensité passant dans le couple.

2. *Mesure de la pression de radiation.* — On utilise une méthode de zéro avec un pendule de torsion à axe vertical. Aux fréquences utilisées, de 8.10^6 sec^{-1} environ, le gradient de pression de radiation est considérable et provoque un mouvement d'ensemble du liquide, mouvement venant gêner la mesure de la pression de radiation. Pour remédier à cet inconvénient, nous plaçons un écran mince de collodion devant le pendule de torsion. La palette sur laquelle s'exerce la pression de radiation étant placée à une distance x du quartz émetteur, il y a lieu de déterminer la position pour laquelle elle est centrée sur le faisceau ultra-sonore. Dans ce but un appareil permet de déplacer le pendule horizontalement et verticalement dans un plan vertical perpendiculaire à l'axe du faisceau. Une telle exploration permet de déterminer la position convenable du pendule.

3. *Résultats expérimentaux.* — Nous avons utilisé les fréquences suivantes : $N_1 = 7,55.10^6$ sec^{-1} et $N_2 = 7,97.10^6$ sec^{-1}. Dans chaque cas, pour une position déterminée du pendule, nous déterminons la courbe des torsions θ du fil du pendule en fonction du carré de la tension appliquée au quartz (ou de la déviation δ du galvanomètre branché sur le thermo-couple). Ainsi que le montrent les deux tableaux ci-après, ces courbes

sont des droites et l'expérience vérifie bien que la pression de radiation est proportionnelle au carré de la tension appliquée au quartz émetteur.

Fréquence : $N = 7{,}55 . 10^6$. Température de l'eau : 14°.

Distance pendule-source : 8^{cm}.

δ.	θ.	θ/δ.
33,8.......	27,72	0,820
42,2.......	38,80	0,919
69.........	56,85	0,824
94.........	77,70	0,827
112.........	93,20	0,832
130,2.......	108,38	0,832
148.........	123,27	0,833

Distance pendule-source : 38^{cm}.

δ.	θ.	θ/δ.
18,9.......	5,75	0,304
53,5.......	15,73	0,294
68,7.......	20,03	0,292
85.........	24,83	0,292
107,5.......	31,57	0,294
130.........	38,28	0,294
144,2.......	42,28	0,293
156,8.......	45,75	0,292

Les résultats des expériences effectuées à la fréquence $7{,}55 . 10^{-6}\ \text{sec}^{-1}$ sont représentés sur la figure 2. Le coefficient angulaire k des droites $\theta = k\delta$

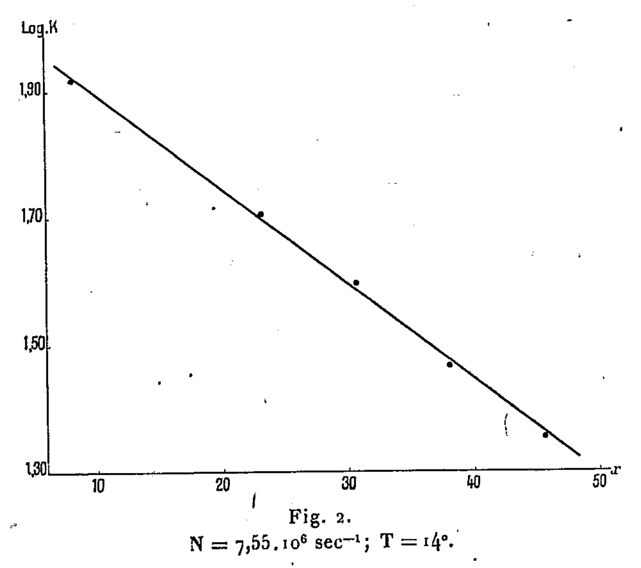


Fig. 2.
$N = 7{,}55 . 10^6\ \text{sec}^{-1}$; $T = 14°$.

et par suite la pression de radiation décroissent exponentiellement avec la distance x à la source. Si le déplacement correspondant au passage des ondes sonores est représenté par la formule

$$a = a_0 e^{-\alpha x} \cos(\omega t - \beta x),$$

la pression de radiation obéit à la loi

$$p = p_0 e^{-2\alpha x}.$$

Le coefficient angulaire de la droite de la figure 2 est $2\alpha \log_{10} e$. Sa valeur lue sur la figure 2 est $1,51.10^{-2}$, le coefficient α a pour valeur $1,74.10^{-2}$.

Dans la deuxième série d'expériences ($N_2 = 7,97.10^6$, température de l'eau 17°,7), le coefficient α a été trouvé égal à $2,0.10^{-2}$.

ACOUSTIQUE. — *Unification de tous les formats d'instruments à cordes.* Note [1] de MM. **Paul Bizos** et **Tarlé**, présentée par M. G. Ferrié.

Les problèmes classiques sur les instruments à corde sont susceptibles de solutions entièrement nouvelles si on leur applique les méthodes les plus récentes de la technique mécanique et électrique.

Les instruments construits satisfont aux conditions suivantes :

1° Avec un instrument de la taille d'un violon, obtenir les sons habituellement produits par un instrument quelconque de la même famille : alto, violoncelle ou contrebasse, avec leur hauteur et leur timbre caractéristiques;

2° Obtenir ces sons avec une intensité beaucoup plus grande que l'intensité habituelle.

Ces résultats sont obtenus en mettant au contact de la partie de l'instrument vibrant au maximum, c'est-à-dire la corde ou le chevalet, la pointe d'un transformateur électromécanique (du type connu commercialement sous le nom de *pick up*). Le courant produit après amplification actionne le moteur d'un haut-parleur.

Il est difficile de satisfaire à la condition que se sont imposée les auteurs, d'obtenir des instruments dont le timbre se rapproche le plus possible de celui des instruments classiques; aussi ont-ils été conduits à faire subir diverses modifications aux violons et aux appareils électromagnétiques usuels.

De plus, il leur a été possible de monter, à la suite des quatre instruments de timbre différent, un seul amplificateur et un seul haut-parleur et d'utiliser indifféremment soit un, soit deux, soit trois, soit quatre instruments, chacun des quatre instruments ayant son coefficient d'amplification propre réglable au moyen d'un rhéostat individuel.

Ces résultats sont applicables non seulement aux violons, mais à tous autres instruments à cordes et même à tous les instruments dont il est possible de capter mécaniquement les vibrations.

---

[1] Séance du 15 juillet 1931.

Remarquons que le *pick up*, étant inapte à transmettre les vibrations suraiguës d'ordre non musical, produit un véritable filtrage des sons, ne laissant pas passer les crissements, le timbre métallique de certaines cordes, etc. Il en résulte qu'un instrument de sonorité aigre possède une sonorité sensiblement égale à celle d'un instrument de lutherie supérieure. Il est toutefois nécessaire que l'instrument possède une caisse, car caisse et corde réagissent l'une sur l'autre.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Réflexion des ondes électromagnétiques très courtes sur l'eau salée*. Note de M. **R. Guyot**, transmise par M. G. Ferrié.

Les oscillateurs de Pierret ([1]) permettent d'obtenir des ondes électromagnétiques entretenues de faible longueur d'onde (12 à 20^{cm} environ) et, par réflexion sur un miroir cylindro-parabolique, un faisceau parallèle de rayons de force électrique.

Nous nous sommes proposé, à la demande du Service des Recherches de l'Aéronautique, d'étudier la réflexion sur l'eau pure et sur l'eau salée de ces ondes courtes, et de déterminer comment le facteur de réflexion dépend de la conductibilité de la solution saline utilisée.

Deux potences en bois, dont les grands bras mesurent $3^m,40$ de longueur, peuvent tourner dans un même plan vertical autour d'un axe horizontal qui traverse leurs extrémités inférieures au niveau de la surface libre de l'eau salée.

Les petits bras supportent deux miroirs métalliques cylindro-paraboliques à génératrices horizontales, dont les plans axiaux sont parallèles respectivement à chacun des grands bras des potences et dont les foyers sont occupés l'un par une lampe émettrice type T. M. C., l'autre par une soudure thermo-électrique.

La petite antenne de la triode et le fil de cuivre rectiligne oscillant en $\frac{3}{2}$ onde, au milieu duquel se trouve intercalée la soudure, sont réglés très exactement le long des lignes focales des miroirs émetteur et récepteur. Ces deux antennes, au cours de la rotation des potences, restent donc constamment parallèles entre elles et au plan d'eau.

(1) Cf. *Sur la réalisation et le fonctionnement d'un nouvel oscillateur à ondes très courtes* (*Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 1601).

La triode T. M. C. est reliée aux sources (¹) d'alimentation et aux appareils de mesure, le couple thermo-électrique au galvanomètre dont les déviations lues sur la règle mesurent l'énergie réfléchie.

Les miroirs cylindro-paraboliques ont les caractéristiques communes suivantes : distance focale $f = 22^{cm}$; hauteur $h = 25^{cm}$; largeur de l'ouverture $o = 60^{cm}$.

La couche d'eau salée a une épaisseur de 15^{cm} et remplit un bassin en bois rectangulaire de $2^{m} \times 1^{m}$ dont les grands côtés sont normaux à l'axe de rotation des potences. La longueur d'onde utilisée est 17^{cm}.

La réflexion sur l'eau salée, dont la concentration en sel marin est passée de 0 à 13 pour 100 au cours des expériences, a été étudiée sous deux angles fixes d'incidence 15° et 24° du faisceau électromagnétique.

Pour chacune des concentrations de la solution saline les mesures suivantes étaient effectuées :

1° Lecture pour les deux incidences des déviations maxima du galvanomètre obtenues par une rotation convenable de la potence du miroir récepteur;

2° Aussitôt après cette lecture, pour éviter la correction de température, mesure rapide au pont de Kohlrausch à 1000 périodes/seconde de la résistance d'une éprouvette-type de la solution.

Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous, dans lequel nous avons aussi noté les déviations maxima obtenues en utilisant comme surface réfléchissante une feuille plane de duraluminium de $0^{m},90 \times 1^{m},80$ soutenue exactement au niveau de l'eau salée par des flotteurs en bois.

Eau salée (²).															Feuille de duraluminium.
Résistance de l'éprouvette-type : R (ohms).															
150000	6400	3345	1985	1340	1050	833	745	620	570	510	460	420	400	380	–
Déviations max. sous 15° : D (mm).															
340	350	364	366	376	384	402	420	436	442	458	478	508	516	524	730
Déviations max. sous 24° : D (mm).															
285	295	308	316	322	330	342	350	362	370	382	392	402	408	414	600
Taux de concentration en sel marin (%).															
0	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	–

(¹) Au cours de nos expériences, le montage Pierret a été simplifié par l'adjonction dans le circuit de Plaque de la Triode d'une résistance de 10000 ohms, ce qui permet de supprimer la batterie de 40 volts de tension-plaque.

(²) Le taux moyen de l'eau de mer en chlorure de sodium est de 3 pour 100.

Utilisant la résistance de l'éprouvette-type comme paramètre, nous avons tracé les courbes de déviations maxima, qui se montrent très régulières. La traduction des résultats en fonction de la richesse de la solution en sel n'est pas valable, la température du bain variant considérablement d'une mesure à l'autre après addition et dissolution du chlorure de sodium.

SPECTROSCOPIE. — *Multiplets dans le spectre d'étincelle du brome* (Br II). Note de MM. **Léon Bloch, Eugène Bloch** et **Pierre Lacroute.**

On sait que l'emploi de la décharge de haute fréquence dans un tube sans électrodes a permis d'isoler d'une façon rigoureuse les raies d'arc et les raies d'étincelle du brome; parmi ces dernières on sépare aussi avec certitude les raies appartenant au spectre d'étincelle du premier ordre (Br II) des raies appartenant aux spectres d'ordre supérieur (Br III, Br IV, ...) (1).

L'analyse du spectre d'arc Br I a été faite d'une manière assez complète par Kiess et de Bruin (2). Par contre les régularités du spectre d'étincelle Br II sont, encore aujourd'hui, à peu près inconnues. Nous avons indiqué il y a quelques années (3) que nous avions reconnu dans Br II un certain nombre de multiplets fondamentaux. Pourtant l'identification de ces multiplets ne pouvait être considérée comme définitive en l'absence d'effets Zeeman. Nous avons pu combler cette lacune en appliquant au cas du brome la méthode d'étude du phénomène de Zeeman décrite ici même il y a peu de temps (4). Les résultats obtenus nous ont permis de contrôler un certain nombre des présomptions que nous avions faites précédemment. Ils nous ont permis en même temps de rejeter comme incorrectes les tentatives de classification proposées par ailleurs.

Parmi les multiplets fondamentaux de Br II, nous ne signalons ici que les deux suivants, pour lesquels la grandeur des intervalles et la mesure des effets Zeeman indiquent que l'on a affaire à des couplages électroniques à peu près normaux.

---

(1) L. et E. Bloch, *Ann. de Physique*, 7, 1927, p. 205, et 9, 1928, p. 556.

(2) Kiess et de Bruin, *Bur. of Stand. Journ. of Res.*, 4, 1930, p. 667.

(3) L. et E. Bloch, *Nature*, 122, 1928, p. 171.

(4) L. et E. Bloch, F. Esclangon et P. Lacroute, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1717.

		λ.	ν.	Δν.
1°	$5\,^5S_2 - 5\,^5P_1$	4816,71	20755,28	135,36
	$5\,^5S_2 - 5\,^5P_2$	4785,50	20890,64	358,05
	$5\,^5S_2 - 5\,^5P_3$	4704,86	21248,69	
2°	$5\,^5P_1 - 6\,^5S_2$	4735,41	21111,52	135,41
	$5\,^5P_2 - 6\,^5S_2$	4766,00	20976,11	357,98
	$5\,^5P_3 - 6\,^5S_2$	4848,75	20618,13	

Ces deux triplets appartiennent tous deux au système des quintuplets de BrII et sont les homologues des triplets trouvés autrefois par Paschen dans ClII. On peut en déduire des valeurs approximatives des premiers termes S de quintuplets, savoir 80200 et 38300 pour les termes 5S et 6S.

D'autres groupes de termes, appartenant au système des triplets, ont également été reconnus d'après leurs effets Zeeman.

Les seules régularités proposées jusqu'ici dans le spectre de BrII sont celles de Chandra Deb ([1]). Les deux triplets homologues des triplets de Paschen sont donnés par cet auteur comme formés par les raies

4767,10 4752,95 4719,77

et

4728,24 4742,70 4776,42

Ces groupements ne sont pas compatibles avec les effets Zeeman que nous obtenons et ne sauraient être maintenus. Il en est de même des autres multiplets du type PD proposés par Chandra Deb. L'ensemble des régularités suggérées par cet auteur semble donc devoir être rejeté. Les seuls groupements exactement établis jusqu'à présent dans le spectre de BrII sont ceux que nous avons signalés plus haut.

ÉLECTROCHIMIE. — *La mesure des tensions des dépôts électrolytiques de métaux.* Note de MM. C. **Marie** et N. **Thon**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons signalé ([2]) les déformations mécaniques que subissent des lames-supports flexibles sous l'action des tensions des dépôts métalliques. Nous décrirons dans la présente Communication les mesures permettant d'évaluer la grandeur des forces en jeu.

([1]) Chandra Deb, *Proc. Roy. Soc.*, 127, 1930, p. 197.

([2]) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 31.

La cathode de longueur l, de largeur b et l'épaisseur h est fixée à l'une de ses extrémités. On dépose le métal sur une des faces de la lame, sur une longueur n comptée à partir du bord libre, et l'on mesure la déviation λ du bord libre. En admettant que la tension du dépôt exerce une pression — ou traction — uniforme, perpendiculaire à la surface, en peut calculer approximativement sa grandeur en connaissant la flexibilité de la lame-support.

1. L'étalonnage de la lame se fait à l'aide du même dispositif qui sert à l'observation des déformations subies au cours de l'électrolyse. On fait agir sur le bord libre de la lame verticale des poids connus (f) et l'on mesure les flèches correspondantes (λ). La théorie de l'élasticité donne pour une lame de section rectangulaire :

$$(1)\qquad \lambda = \frac{4l^3 f}{\mathrm{E}bh^2} \qquad (\mathrm{E} = \text{module de Young}).$$

2. Soient p la pression par unité de surface du dépôt électrolytique, λ la déviation du bord inférieur de la lame produite par le dépôt électrolytique donné, f la force nécessaire à la production de la déviation dans l'étalonnage, on peut conclure à l'égalité des moments agissant dans les deux cas. On a, en désignant par x la distance au bord libre de l'élément dx :

$$(2)\qquad fl = \int_0^n pb(l-x)\,dx,$$

d'où

$$(3)\qquad p = \frac{2lf}{bn(2l-n)} = \mathrm{A}f.$$

A est un coefficient numérique ne dépendant que des dimensions de la lame.

3. On peut arriver par une autre voie à une expression analogue, ne différant de l'équation (3) que dans la valeur du coefficient numérique. L'élément de surface $b\,dx$ subit la force $pb\,dx$; sa déviation $d\lambda'$ est, d'après (1) :

$$d\lambda' = kpb\,dx(l-x)^3, \qquad \text{où} \quad k = \frac{4}{\mathrm{E}bh^2}.$$

La déviation correspondante $d\lambda$ de l'extrémité de la lame est

$$d\lambda = d\lambda' \frac{l}{l-x} = klpb\,dx(l-x)^2$$

et

$$(4)\qquad \lambda = klpb\int_0^n (l-x)^2\,dx = \frac{1}{3}klpb[l^3 - (l-n)^3].$$

En substituant la valeur de k de l'équation (1), nous avons

$$p = \frac{3l^2 f}{b[l^3 - (l-n)^3]} = Bf. \qquad (5)$$

Pour les lames que nous employions dans nos expériences, $A = 0,25$; $B = 0,40$. Les deux méthodes de calcul n'étant qu'approximatives, nous calculerons les pressions avec une valeur moyenne (0,33) du coefficient.

Nous reproduisons ci-dessous, à titre d'exemple, quelques-uns des résultats obtenus avec des dépôts de nickel dans des solutions de $SO^4Ni.7H^2O$ à 250g par litre (pH = 6,5, densité de courant : 0,52 amp/dm²). Ces dépôts présentent toujours des contractions. t est le temps en minutes, λ la déviation en centimètres, f la force correspondante en dynes et p la pression en dynes/cm².

Cathode.	t.	$\lambda.10^3$.	f.	p.
Pt brillant	1	30	17	5,7
»	2,5	80	44	14,7
Pt mat	1	30	41	13,7
»	2	50	67	22,1
»	4	85	113	37,7
Ag poli	1	29	17	5,7
»	2,5	80	44	14,7
Cu poli	1	14	6	2
»	2	32	13	4,3
»	4	72	27	9
Cu mat	1	7	11	3,7
»	2	14	19	6,3
»	8	54	68	22,7
Ni poli	1	24	11	3,7
»	2,5	91	42	14
Fe poli	1	29	18	6
»	2	72	44	14,7
Al mat	1	3	2	0,7
»	6	43	15	5
Ta poli	1	4	3	1
»	6	74	39	13

5. En assimilant le dépôt à une pellicule tendue, on peut évaluer l'ordre de grandeur des *tensions* qui existent dans la surface du dépôt. L'équation de Laplace donne en effet une relation entre la tension superficielle, la pression normale et la somme des courbures principales. La courbure dans le sens de la largeur de la lame est négligeable par rapport à celle dans le

sens de la longueur; celle-ci se calcule approximativement par la relation $\frac{1}{r} = \frac{2\lambda}{l^2}$. On a donc, pour la tension superficielle :

$$\gamma = pr = \frac{pl^2}{2\lambda} = C\frac{f}{\lambda}, \tag{6}$$

où C dépend des dimensions de la lame. Le quotient $\frac{f}{\lambda}$ mesure son élasticité.

Dans le cas de nos lames, cette tension est de l'ordre de 10^3 dynes/cm. Elle dépend de la flexibilité du support. Plus le support est flexible, plus la courbure est importante; la tension diminue, puisque la courbure amène une détente. Sur un support rigide, où cette détente ne peut pas se produire, la tension est maxima. Cette conclusion a été confirmée par l'expérience suivante : nous avons déposé du nickel dans les mêmes conditions sur deux lames identiquement polies de cuivre dont une flexible ($0^{mm},04$ d'épaisseur) et l'autre rigide (1^{mm}); la première s'est recourbée et le dépôt est resté sensiblement intact. Le dépôt s'est au contraire déchiré sur la lame rigide restée plane.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la théorie de l'accumulateur au plomb.* Note de M. **Charles Liagre**, présentée par M. Rey.

Les bases expérimentales de la théorie de l'accumulateur au plomb dite de la double sulfatation ont été remises en question dans ces dernières années.

J'ai fait à ce sujet les deux expériences suivantes, qui peuvent être facilement reproduites.

Première expérience. — Préparer quelques grammes de bioxyde de plomb en traitant du minium par l'acide nitrique dilué qui dissout le protoxyde et laisse le bioxyde.

Mettre dans un creuset de platine de 10 à 15^{cm^3} de la matière brune extraite d'une plaque positive d'accumulateur et la mélanger avec une solution sulfurique à 30°B. (densité ordinaire de l'électrolyte de l'accumulateur chargé).

Introduire le creuset suspendu par un fil de platine relié à la borne + d'un voltmètre de grande résistance (1000 ohms par exemple) dans un récipient contenant la même solution sulfurique à 30°B. Introduire ensuite dans le

liquide une plaquette négative d'accumulateur ou à défaut une feuille de plomb fraîchement grattée de 1^{dm^2} de surface environ reliée à la borne — du voltmètre; la force électromotrice est de 2,10 volts. Substituer à l'électrode plomb une électrode zinc; la force électromotrice est 2,40 volts.

Recommencer l'expérience en remplaçant le peroxyde d'accumulateur par le bioxyde de plomb préparé par voie chimique et constater que les forces électromotrices vis-à-vis du plomb et du zinc sont exactement les mêmes. La principale précaution à prendre pour que l'expérience réussisse est la compression de la boue de bioxyde sur le fond du creuset au moyen d'un diaphragme en coton de verre d'une rondelle perforée de creuset de Gooch.

L'expérience est encore plus probante si l'on met dans le creuset de platine non le bioxyde extrait du minium, mais le minium lui-même qui dans la solution sulfurique se transforme rapidement en un mélange de 1 partie de bioxyde et de 4 parties environ de sulfate de plomb, c'est-à-dire en une matière absolument comparable à la matière active positive sulfatée.

Deuxième expérience. — Substituer aux plaques positives ou aux plaques négatives d'un accumulateur des plaques de plomb massif (de capacité à peu près nulle) et tandis qu'on fait passer du courant, soit dans le sens de la décharge, soit dans le sens de la charge, déterminer par titrage acidimétrique la variation totale d'acidité de l'électrolyte, par ampère-heure.

Cette expérience n'engage que les négatives ou les positives seules.

Constater que la quantité de SO^4H^2, empruntée ou cédée à l'électrolyte selon qu'il s'agit de la décharge ou de la charge, est égale à celle que prévoit la loi de Faraday, $1^g,83$ par ampère-heure. L'intensité du courant ne doit pas dépasser 10 ampères par kilogramme de matière active, c'est-à-dire le régime normal de charge ou de décharge de l'accumulateur.

La première expérience prouve que la matière active positive ne diffère pas chimiquement du bioxyde de plomb PbO^2 préparé en dehors de l'accumulateur.

La deuxième expérience prouve que la positive comme la négative se sulfate et se désulfate conformément à la loi de Faraday. Ainsi l'équation classique

$$PbO^2 + Pb + \text{solution sulfurique en excès} \rightleftharpoons 2SO^4Pb + \text{solution sulfurique}$$

est bien l'expression des faits.

On sait qu'en appliquant la loi de Thomson-Helmholtz, cette équation permet de calculer avec une très grande approximation, à partir des chaleurs de formation et du coefficient de température déterminé par

Dolezalek, la force électromotrice mesurée et ses variations en fonction de la concentration de l'électrolyte. Elle permet encore de connaître *a priori* les quantités de matières actives engagées par ampère-heure.

Nous avons eu maintes fois, dans la pratique des accumulateurs, constaté l'exactitude de ses prévisions.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Effet Raman et chimie. La sensibilité de l'analyse spectrale organique.* Note (¹) de MM. **R. Lespieau**, **M. Bourguel**, **R. L. Wakeman**, présentée par M. Matignon.

Nous avons employé l'analyse par l'effet Raman à la détection d'impuretés éthyléniques qui accompagnent presque toujours les carbures cyclopropaniques. C'est en effet le critérium le plus sûr et de beaucoup le plus rapide de la présence ou de l'absence de telles impuretés, car, nous l'avons déjà indiqué, les méthodes purement chimiques sont d'un emploi délicat et aléatoire par suite de la grande tendance à l'ouverture des cycles en C^3.

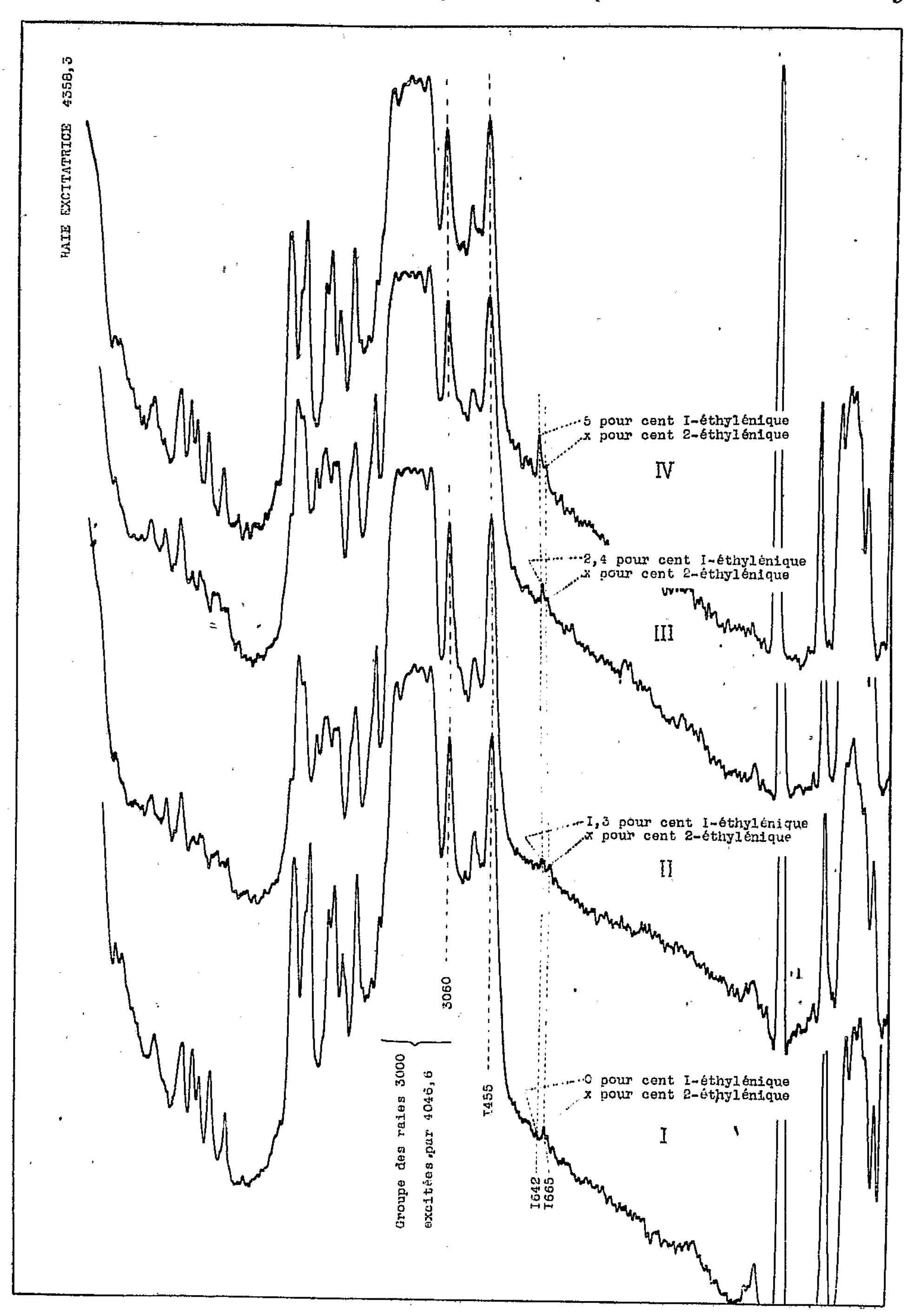
La présence d'éthylénique se constate immédiatement par l'existence d'une fréquence caractéristique des doubles liaisons dans la région 1600. Nous avons pu juger ainsi des meilleures méthodes de préparation et l'on a obtenu des carbures où à l'observation oculaire (loupe ou microscope), cette raie était totalement absente.

Nous nous sommes alors proposé de rechercher la teneur maxima non décelable. Pour cela nous avons introduit dans nos composés des carbures 1-éthyléniques isomères en quantité connue : 1,3 ; 2,4 ; 5 pour 100. Dès la teneur de 2,4, l'impureté est très nettement accusée par la présence de la raie 1642 commune à tous les carbures 1-éthyléniques non ramifiés (²). Au contraire, rien n'apparaît encore pour 1,3 pour 100. L'examen oculaire montre donc que ces cyclopropanes sont purs à moins de 2,4 pour 100.

La planche ci-contre est la photographie de quatre diagrammes superposés fournis par le microphotomètre enregistreur de Chalonge et Lambert pour les clichés suivants : n° I, 1-méthyl-2-éthylcyclopropane seul ; n° II, 1-méthyl-2-propylcyc. + 1,3 pour 100 1-heptène ; n° III, 1-méthyl-2-propylcyc. + 2,4 pour 100 1-heptène ; n° IV, 1-méthyl-2-éthylcyc. + 5 pour 100 1-hexène. On voit la netteté avec laquelle 2,4 et *a fortiori* 5 pour 100 d'éthylénique se signalent.

(¹) Séance du 20 juillet 1931.

(²) Résultat d'un travail non encore publié.


RAIE EXCITATRICE 4358,3
5 pour cent I-éthylénique
x pour cent 2-éthylénique
IV
2,4 pour cent I-éthylénique
x pour cent 2-éthylénique
III
I,3 pour cent I-éthylénique
x pour cent 2-éthylénique
II
0 pour cent I-éthylénique
x pour cent 2-éthylénique
I
3060
Groupe des raies 3000
excitées par 4046,6
I455
I642
I665

Mais ce mode d'étude permet d'aller plus loin que l'examen oculaire. Si l'on regarde de plus près, on remarque à droite de la raie 1642 un petit accident dont l'amplitude est peu supérieure aux irrégularités dues aux grains d'argent; on ne peut toutefois pas le confondre avec un de ces grains car il se reproduit exactement à la même place sur tous les clichés : à 1665. Il s'agit donc certainement d'une raie fixe correspondant à un corps existant avant l'adjonction de 1-éthylénique (elle est d'ailleurs très nette sur I). Ce corps est un carbure 2 ou 3-éthylénique, car 1665 est justement la région des doubles liaisons non en bout de chaîne dans les carbures linéaires.

L'analyse par l'effet Raman perfectionnée par l'emploi du microphotomètre Chalonge et Lambert nous permet donc : 1° de déceler une quantité très faible de carbure 2 ou 3-éthylénique; 2° d'estimer la teneur en carbure parasite voisine de 1,3 pour 100, car les intensités de 1642 et de 1665 sont à peu près égales sur le diagramme II, et il n'y a pas de raison jusqu'ici pour penser que l'intensité absolue de la fréquence éthylénique dépende de sa place (liaisons conjuguées exceptées).

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur l'inflammation des mélanges d'aldéhyde éthylique et d'air.* Note de M. **M. Prettre.**

Nous avons montré (¹) que, lorsqu'un courant continu d'un mélange d'air et de pentane à excès de pentane traverse un récipient dont la température croît progressivement, on observe deux inflammations spontanées : la première entre 260° et 300°, la seconde au-dessus de 660-670°. Dans l'intervalle 300-660°, aucune flamme ne peut se propager, il y a simplement une oxydation lente qui est lumineuse. Il en est de même à des températures un peu inférieures à la première inflammation, entre 220° et 260°. Les mélanges air-pentane contenant un excès d'air ne s'enflamment qu'au-dessus de 660° et sont seulement lumineux à toute température supérieure à 220-230°. Les antidétonants élèvent la température d'apparition de la luminosité et suppriment complètement la première inflammation des mélanges à excès de pentane.

Nous avons fait les mêmes observations (²) avec d'autres hydrocarbures

(¹) M. Prettre, P. Dumanois et P. Laffitte, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 329 et 414.

(²) *Ann. Of. Nat. Comb. Liqu.*, 6, 1931, p. 7.

saturés et nous avons constaté en particulier que la température minima nécessaire pour obtenir la première inflammation est sensiblement la même pour de nombreux carbures : air-pentane, 263-259°; air-hexane, 254-252°; air-heptane, 259-252°. Il nous a semblé intéressant de rechercher si les aldéhydes (principalement l'aldéhyde éthylique), dont la formation pendant l'oxydation lente avait été signalée par divers auteurs [Bone et ses collaborateurs (¹), Wheeler et Blair (²), Mardles (³), Dumanois, Mondain-Monval et Quanquin (⁴)] et dont nous avions constaté la présence dès 100° dans nos expériences, ne donnaient pas lieu aux mêmes phénomènes d'oxydation lente lumineuse et aux deux modes d'inflammation. Perkins (⁵) ainsi que Gill, Mardles et Tett (⁶) avaient déjà observé la luminosité très intense qui accompagne l'oxydation lente par l'air de l'aldéhyde éthylique.

En opérant comme avec les carbures, nous avons obtenu les deux modes d'inflammation pour tout mélange d'air et de vapeur d'aldéhyde éthylique titrant, en volume, de 5 à 45 pour 100 de combustible (mélange théorique: 7,75 pour 100). La luminosité est visible dès 200-210°. Son intensité, d'abord très faible, croît avec la température, surtout entre 240° et 260°. Entre 256° et 263° suivant la composition du mélange, une flamme très brillante parcourt le récipient, partant, comme dans le cas de la première inflammation des hydrocarbures, de l'extrémité opposée à l'orifice d'arrivée des gaz frais. La vitesse de cette flamme varie beaucoup avec la concentration en aldéhyde. Faible pour les mélanges très riches et ceux contenant un excès d'air, elle est grande pour les mélanges à faible excès d'aldéhyde et la combustion prend une allure explosive (bris du récipient). En continuant à élever la température, on obtient de nouvelles flammes dont l'éclat et la vitesse diminuent rapidement. Au-dessus de 285-290°, l'inflammation ne peut plus avoir lieu, on n'observe qu'une luminosité d'intensité variable. Enfin, vers 350°, le mélange s'enflamme à nouveau, mais cette fois à l'extrémité du tube d'arrivée des gaz frais, inflammation identique à celle du pentane vers 660°.

(¹) *J. Chem. Soc.*, 81, 1902, p. 535; 83, 1903, p. 1075; 89, 1906, p. 660, 339 et 1614.

(²) *Chem. and Ind.*, 41, 1922, p. 303 T.

(³) *J. Chem. Soc.*, 131, 1928, p. 872.

(⁴) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 892; 189, 1929, p. 917; 191, 1930, p. 299; *Bull. Soc. Chim. Ind. Mulhouse*, 96, 1930, p. 265.

(⁵) *J. Chem. Soc.*, 41, 1882, p. 363.

(⁶) *Trans. Far. Soc.*, 24, 1928, p. 363.

Lorsqu'on ajoute à l'aldéhyde éthylique 1 pour 100 de plomb tétréthyle, la luminosité apparaît toujours vers 200°, son intensité croît cependant moins rapidement avec la température. Quelle que soit la concentration en combustible, il n'y a plus inflammation vers 260°. Seuls les mélanges très riches sont parcourus vers 275-280° par une ou deux flammes peu lumineuses et très lentes, analogues à celles que les mélanges sans antidétonant de même concentration donnent à la même température. En continuant à faire croître la température, la luminosité assez intense est visible jusque vers 360°. Les gaz s'enflamment alors à leur arrivée dans l'enceinte, comme lorsqu'ils ne contiennent pas de plomb tétréthyle, mais environ 10° plus haut.

En résumé, avec tout mélange d'air et d'aldéhyde éthylique, on observe la double inflammation dont nous avions signalé l'existence pour les mélanges air-hydrocarbure saturé à excès de carbure. La luminosité apparaît dans le premier cas à une température légèrement plus basse que dans le second. La première inflammation a lieu sensiblement dans le même intervalle de températures. Cette première inflammation est, ici aussi, empêchée par un antidétonant dont l'action semble cependant moins énergique que sur l'oxydation des carbures, puisqu'il ne peut élever la température d'apparition de la luminosité.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les oxydes organiques dissociables. Hydrocarbure formé par enlèvement d'un phényle au rubrène.* Note [1] de MM. **Charles Dufraisse** et **Marius Badoche**, transmise par M. Delépine.

a. Nous avons réussi à enlever régulièrement un phényle à la molécule du rubrène ($C^{42}H^{28}$), sans en modifier le squelette fondamental, de sorte que, malgré cette amputation, l'hydrocarbure obtenu, $C^{36}H^{24}$, appartient encore à la famille du rubrène.

Cette réaction inattendue se produit quand on soumet à l'action prolongée du réactif de Grignard (CH^3MgI, C^2H^5MgBr, C^6H^5MgBr), en présence de magnésium en excès, le dioxyde de rubrène $C^{42}H^{28}O^2$, obtenu lui-même par isomérisation de l'oxyrubrène R (O^2) [2] : on enferme les réactifs en un tube scellé, que l'on agite à la température ordinaire pendant

[1] Séance du 20 juillet 1931.

[2] Ch. Dufraisse et M. Badoche, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 104.

plusieurs semaines. On s'arrête quand la liqueur, d'abord violette intense, est devenue jaune brun.

Le corps ainsi préparé, après les traitements habituels, ressemble à s'y méprendre au rubrène primitif, et nous nous y sommes trompés au début. Il était d'ailleurs naturel de supposer que le réactif magnésien, réducteur énergique, avait tout simplement enlevé l'oxygène de l'oxyrubrène, comme le font d'autres réducteurs [1]; d'autant que, pour comble de confusion, le même magnésien nous avait déjà donné incontestablement du rubrène par réduction simple de l'oxyrubrène dans une opération analogue, mais conduite à chaud.

Dans ces conditions, comme le spectre d'absorption du produit préparé à froid présentait l'aspect si caractéristique du spectre du rubrène, avec son système de trois bandes sensiblement équidistantes, nous n'aurions sans doute pas poussé plus avant les recherches, si, par prudence, nous n'avions eu la précaution de repérer exactement les positions des bandes au spectrophotomètre. Nous avons alors constaté que le spectre n'occupait pas tout à fait la position voulue, mais qu'il se trouvait légèrement déplacé d'un seul bloc vers le violet; le corps obtenu à froid n'était donc pas du rubrène.

Il se présente en cristaux retenant une molécule de solvant, quand il a été purifié dans le benzène; il possède alors deux points de fusion instantanée (bloc Maquenne), l'un avec solvant, à 177°-178°, l'autre sans solvant, à 236°-237°. Après purification dans l'éther on n'observe que le deuxième point de fusion. Comme le laisse prévoir le déplacement du spectre vers le violet, la coloration à l'état solide ou dissous est un peu moins profonde, c'est-à-dire plus jaune que celle du rubrène, tandis que la fluorescence des solutions est plus verte. De même que les autres hydrocarbures doués de l'oxydabilité réversible, il absorbe facilement l'oxygène en se décolorant, par irradiation de ses solutions.

b. La détermination de la formule a présenté de réelles difficultés. En effet, l'enlèvement d'un phényle à un corps (remplacement de C^6H^5 par H) revient à retirer de sa formule le terme C^6H^4. Or il se trouve que la formule du rubrène est un multiple exact de C^6H^4, $C^{42}H^{28} = (C^6H^4)^7$: on ne modifie donc pas la composition centésimale en enlevant des phényles à une telle molécule (ou en lui en ajoutant). Par suite, l'analyse élémentaire n'était susceptible d'apporter ici aucun renseignement sur une perte éventuelle de phényles. Faute d'écart suffisant entre les poids moléculaires, la cryoscopie se trouvait elle aussi défaillante, d'autant que, pour une cause

(1) *Loc. cit.*

encore indéterminée, les rubrènes donnent souvent des abaissements trop forts des points cryoscopiques : c'est le cas, entre autres, du nouveau corps.

c. La question a été résolue par une étude de la réaction de formation. Nous avons reconnu tout d'abord la production de phénol, C^6H^5OH, même en l'absence de toute trace de benzène : nous en avons recueilli, caractérisé et dosé dans des proportions voisines de 1 molécule par molécule de dioxyde mis en réaction. Il y avait donc eu désintégration avec perte d'un phényle au moins, passé à l'état de phénol.

Nous avons supposé alors que, dans la réaction génératrice, la valence libérée par arrachement de ce phényle devait être saturée par un équivalent de magnésium : en conséquence, le nouvel hydrocarbure devait prendre naissance, non à l'état libre, mais sous forme de dérivé organomagnésien. Effectivement, si l'on examine au spectroscope, avant ouverture du tube scellé, le liquide résultant de la réaction de formation, on observe un spectre qui n'est pas celui de l'hydrocarbure. De plus, si, avant de traiter la masse par l'eau, on l'attaque d'abord par l'iode, on obtient, à la place de l'hydrocarbure, un dérivé iodé, en beaux cristaux rouges rubis, fondant à 270° (bloc Maquenne) : or l'hydrocarbure préformé ne donne pas de dérivé iodé à froid. Enfin, un courant de CO^2 dans la même liqueur donne un acide.

L'analyse et la cryoscopie du corps iodé lui assignent la formule $C^{30}H^{23}I$, ce qui fixe la formule du nouvel hydrocarbure, soit $C^{30}H^{24}$: c'est un *déphénylorubrène* (*fig*. 2) :

Fig. 1. Fig. 2.

Cette désintégration a lieu d'après la suite de réactions que voici :

$$C^{42}H^{28} \xrightarrow{+O^2} C^{42}H^{28}(O^2) \xrightarrow{\text{isomer.}} C^{42}H^{28}O^2 \xrightarrow{+2\,Mg}$$

Rubrène. Oxyrubrène. Isooxyrubrène.

$$\longrightarrow C^{36}H^{23}-Mg-OC^6H^5+MgO \xrightarrow{+H^2O} C^{36}H^{24} + C^6H^5OH$$

Déphénylorubrène. Phénol.

Contrairement à ce que l'on pourrait supposer d'après la complexité de ces réactions intermédiaires et leur nombre, le rendement global est excep-

tionnellement élevé, puisqu'il a atteint jusqu'aux environs de 90 pour 100 des chiffres théoriques : 116,6 de rubrène donnant environ 90 de déphénylorubrène, au lieu de 100, chiffre théorique.

d. Il est donc possible d'enlever un phényle au rubrène sans en modifier le caractère de manière essentielle. Or, d'après la formule admise (*fig.* 1), il y aurait quatre phényles identiquement disposés : puisque l'un d'eux peut être supprimé sans bouleversement, ne serait-il pas possible d'éliminer successivement les trois autres et d'obtenir ainsi une série d'hydrocarbures analogues au rubrène, mais à poids moléculaires décroissants? C'est en dégradant le rubrène jusqu'au point où disparaîtront ses propriétés distinctives que nous espérons découvrir le genre de groupements des atomes susceptible de conférer aux molécules organiques l'oxydabilité réversible.

GÉOLOGIE. — *Sur la géologie des environs de Xauen (Rif espagnol).* Note (1) de M. **Paul Fallot**, présentée par M. Charles Jacob.

En montrant que le complexe formé par la zone paléozoïque du Rif et la zone secondaire qui en est solidaire n'offre les caractères ni d'une zone de racines, ni d'un ensemble charrié sur le Flysch qui en occupe la périphérie, nous avons souligné, MM. A. Marin, M. Blumenthal et moi (2), qu'à partir de Tetuan on suit néanmoins vers le Sud un contact anormal entre Jurassique et Tertiaire marginal, et que, sans doute, de l'O. Lau à la région des B. Bou Chedda, la bordure de cette portion, qui est la plus large de la chaîne, révélerait des plis couchés.

Un séjour à Xauen m'a permis de constater que ces accidents existent en effet, et même avec plus d'extension que nous ne l'avions supposé, non seulement au Sud, mais aussi au Nord de la cluse de l'O. Lau.

Celle-ci correspond à un rentrant important du Flysch dans le contour général du Jurassique, rentrant qui ne mesure pas du reste le chevauchement, car il est dû en partie à un rebroussement, au moins apparent à la marge externe de la chaîne. Au Nord, en effet, le front des accidents jurassiques suit à peu près le cours de l'O. Tasart. Leurs axes s'incurvent

(1) Séance du 15 juillet 1931.

(2) A. Marin, M. Blumenthal et P. Fallot, *Observations géologiques sur le Nord-Ouest du Rif marocain* (*Bull. Soc. géol. France*, 4e série, 30, 1930, p. 501-572).

légèrement au Sud-Est, les pendages étant en moyenne dirigés Sud 240° Ouest. Au Sud de l'O. Lau, les accidents sont allongés principalement au Nord-Nord-Est, les directions des pendages étant voisines de Est 105° Sud-Est. De plus, la partie amont de la gorge que l'O. Lau s'est creusée très profondément dans la chaîne calcaire correspond à une zone de brutal abaissement d'axe.

Nous avons brièvement mentionné (*loc. cit.*, p. 550) le chevauchement de la masse du Dj. Kelaâ sur le Flysch qui en forme le pied à l'Ouest, au Nord et au Nord-Est, et l'existence d'une bande de Lutétien pincée, à 45°, entre la masse du Dj. Kelaâ et la chaîne elle-même. Le prolongement septentrional de cette dernière forme dans sa bordure ouest une longue crête orientée Nord 15° Est : c'est le Dj. Agouedem des cartes françaises. Cette crête est constituée de Jurassique chevauchant le Nummulitique, qui, assez écrasé, réapparaît en fenêtre immédiatement à l'Est.

Vers le Nord, l'ampleur du chevauchement va en diminuant pour se réduire à peu près à rien à Tagsut. Sa racine doit être cherchée à l'Ouest de la ligne bas O.Talambot-O.Farda, car dans la première de ces vallées nous retrouvons, sous le Jurassique, le Permo-Trias et le Paléozoïque autochtones du massif de Talambot, et dans la seconde, le Permo-Trias sans doute pareillement en place.

Ainsi que nous l'avons dit (*loc. cit.*, p. 552) du bord ouest du Dj. Kelaâ au Sud de Xauen, le contact du Jurassique de la chaîne avec le Flysch périphérique revêt l'apparence la plus normale. La dolomie, les calcaires qui lui font suite et des conglomérats d'âge incertain couronnant la série secondaire plongent avec des pendages de 70-90° sous ce Flysch. La vallée de Ras el Ma montre, de 650 à 2000^{m} d'altitude, des versants formés de Jurassique redressé, extrêmement puissant, sous lequel n'apparaît aucun indice de fenêtre. L'allure normale de la série secondaire se poursuit dans tous les sommets du massif du Dj. Magou jusqu'à la vallée de Tisuki où réapparaît, sous elle, écrasé, un Flysch rose et jaune, identique à celui du Dj. Agouedem, Flysch qui semble reposer sur une série jurassique formant la suite de la chaîne en direction du Dj. Tisuka (= Khmès 2170^{m}).

Au Sud de cet affleurement de Flysch qui s'allonge en direction Est-Ouest dans la vallée de l'O.Tisuki et y comporte des conglomérats à grandes Nummulites, l'ensemble du Jurassique pend faiblement à l'Ouest-Sud-Ouest, du Dj. Khmès au bord de la chaîne où ses assises disparaissent, par un beau pli, *sous* le Flysch marginal. Celui-ci, vers Bab Amaregaout, forme (*loc. cit.*, p. 553) une large langue pénétrant dans le contour appa-

rent du Jurassique et recouvrant normalement ce dernier. Ici, le contact de la zone calcaire avec le Flysch apparaitraît donc tout à fait normal et régulier si, au Nord de Si Abd el Abid, on ne trouvait, au pied de la retombée des dolomies, abordant un peu obliquement le Tertiaire, des couches roses du Flysch, écrasées.

Cet indice de chevauchement, et ceux de la vallée de Tisuki, pourraient résulter d'accidents très localisés, comme d'autre part le contact Kelaâ-Agouedem pourrait provenir d'une simple imbrication locale. Mais à considérer cette disparition au Nord du Massif de Xauen, d'une série qui réapparaît au Sud-Est, on est forcé de se demander si elle ne révélerait pas un chevauchement marginal plus important en profondeur et en étendue frontale que nous ne supposions.

Je n'ai pu encore aborder les fonds de vallées du cœur de la chaîne à l'Est de Xauen. A distance, ils ne semblent offrir que des formations jurassiques. L'étude de la vallée de l'O. el Had permettra d'autre part de mesurer l'extension, vers le Sud-Est, de ces chevauchements auxquels doivent correspondre les accidents que nous avons signalés vers Bu Hallal (*loc. cit.*, p. 553).

Si cette partie de la chaîne montre le déversement que nous avions soupçonné, mais plus important, celui-ci ne doit néanmoins pas être exagéré. Les accidents y semblent incurvés. De Tagsut où ils naissent, orientés Nord 15° Est, jusqu'à Tisuki, où ils seraient allongés Nord-Ouest-Sud-Est, leur ampleur varierait de 0^{km} à 5^{km}.

ZOOLOGIE. — *Un Pentatome parasite de la Chenille épineuse du Cotonnier* (Earias huegeli). Note [1] de M. **Jean Risbec**, présentée par M. Joubin.

La Chenille épineuse constitue en Nouvelle-Calédonie le parasite le plus dangereux du Cotonnier. Il ne lui était connu jusqu'ici aucun parasite dans ce pays. J'ai pu lui découvrir un ennemi susceptible de lui faire beaucoup de tort et qui jouera peut-être un rôle important dans la lutte entreprise contre le terrible Papillon.

Je nourrissais en captivité des jeunes d'une Punaise que j'avais trouvée vivante sur Cotonnier. Je leur distribuais chaque matin des capsules jeunes ou des boutons floraux qui, presque tous, étaient atteints par la Chenille épi-

(1) Séance du 15 juillet 1931.

neuse. J'ai pu m'apercevoir du fait que les Punaises attaquaient les Chenilles et j'ai voulu savoir si ces Chenilles constituaient leur nourriture ordinaire. J'ai pu en élever depuis l'œuf jusqu'à l'état adulte uniquement avec des Chenilles que j'extrayais des capsules atteintes tandis que l'élevage était impossible avec une nourriture exclusivement végétale.

Au cours de son existence une Punaise détruit au moins 50 Chenilles. La Chenille est piquée dans n'importe quelle partie de son corps, mais, le plus souvent, à la partie postérieure. Ceci provient du fait que la Chenille dévorant une capsule se tient très souvent d'une manière telle que son extrémité postérieure apparaît à l'orifice d'entrée où s'accumulent ses excréments. Les Punaises ne s'attaquent guère aux petites Chenilles mais, même lorsqu'elles sont très jeunes elles sucent de préférence celles qui se rapprochent le plus possible de la taille maxima. Surtout, elles les recherchent lorsqu'elles ont commencé à tisser leur cocon.

Elles percent alors ce cocon et tuent la Chenille.

Depuis longtemps j'avais trouvé des Chenilles mortes et dont le corps était comme vidé en partie. Je n'avais jamais pu jusqu'ici me rendre compte de la cause de cette mort que je puis attribuer maintenant à l'attaque du Pentatome.

Je puis aussi noter le fait suivant. Lors de la dernière mue des Punaises d'un élevage uniquement pourvu de Chenilles renouvelées chaque jour, j'ai dû isoler les parasites car les Chenilles les attaquaient à leur tour et profitaient de la faiblesse de leur tégument pour les dévorer. Je ne pense pas que ce phénomène se produise normalement dans la nature lorsque la Chenille peut s'attaquer au Cotonnier.

Les Punaises piquent l'*Earias* de leur rostre et restent souvent plusieurs heures dans cette position; elles circulent ainsi en emportant avec elles des proies plus lourdes qu'elles-mêmes et supportées uniquement par le rostre. Plusieurs exemplaires peuvent s'attaquer à la même proie. J'en ai vu jusqu'à cinq suçant la même larve, mais, en général, elles cherchent plutôt à conquérir la proie en inquiétant de leur rostre le premier arrivant.

Il m'est impossible de déterminer en Nouvelle-Calédonie la Punaise dont il est question ici, mais je puis en donner une description ainsi que des indications sur son évolution.

Œuf. — Les pontes se trouvent fixées aux pointes des bractées du Cotonnier par paquets d'une vingtaine d'œufs. Ceux-ci sont de forme ovoïde de $0^{mm},5$ de long, de couleur noire et couverts de petites papilles noires. Au bout libre, zone noire excavée entourée d'un cercle d'appendices

courts. Concentriquement à ce cercle d'appendices est une couronne d'appendices filiformes blancs qui sont d'abord recourbés de manière que leur extrémité aboutisse au sommet des appendices noirs, puis qui se courbent en sens contraire. Entre les deux cercles d'appendices est une zone brillante argentée. Cette couleur correspond aussi à la coloration générale de la coque, la couleur noire n'étant due ailleurs qu'à la présence d'une couche superficielle qui laisse voir la couche argentée en s'écaillant par places.

Larves. — Les larves viennent au monde avec une taille de 1^{mm}. Elles sont rouge sombre avec tête et thorax noirs, et sur l'abdomen une série dorsale de taches noires médianes et bordure périphérique noire. Cette coloration persiste jusqu'à la dernière mue; entre cette mue et la précédente, les pattes qui, auparavant, étaient noires ainsi que les autres appendices présentent des parties blanches et l'abdomen a un liséré blanc périphérique. Ventralement le corps est d'abord noir puis, aux dernières mues, devient grisâtre et plus ou moins strié transversalement de lignes blanchâtres.

La première mue a lieu 3 jours après l'éclosion; la longueur du corps est alors $1^{mm},5$. La deuxième mue et la troisième mue ont lieu respectivement 4 et 8 jours après l'éclosion et les tailles correspondantes sont 3^{mm} et 4^{mm}. La quatrième et dernière mue a lieu de 18 à 20 jours après la même époque.

Adulte. — A l'œil nu la coloration est grisâtre foncé. Observée au binoculaire cette coloration est plus complexe et très jolie.

Les dimensions sont les suivantes chez le mâle :

Longueur totale, 9^{mm}; distance comprise entre les deux pointes du thorax, 5^{mm}; largeur au niveau de la limite antérieure de l'écusson, 4^{mm}. Les femelles ont une taille un peu supérieure à celle du mâle et leur abdomen est plus fortement bombé ventralement. Tête, thorax, écusson et parties coriaces des ailes ivoire marbré de noir; le noir dominant avec des reflets vert bronze. Toutes ces parties présentent un semis de petites cupules noires ayant l'aspect d'un pointillé de pyrogravure.

Tête de forme rectangulaire dans l'ensemble, mais un peu atténuée et arrondie en avant et rétrécie un peu au niveau des yeux qui creusent une échancrure dans la partie postérieure un peu élargie. Yeux composés à facettes nombreuses, rouge grenat sombre avec partie basilaire lisse ivoire. Deux ocelles rouge vermillon vif. Thorax muni latéralement de deux fortes pointes correspondant aux deux tiers postérieurs de sa longueur. Écusson triangulaire, la pointe dépassant un peu la mi-longueur de l'abdomen.

Partie mince des ailes noire. Corps tronqué brusquement en arrière et très légèrement dépassé par les ailes. Trompe de quatre articles de couleur mastic le dernier feu. Antennes couleur feu, finement poilues, les quatre derniers articles de longueur équivalente, le dernier un peu renflé en fuseau. Face ventrale du thorax et de l'abdomen mastic avec cupules marron foncé. Premier article abdominal avec forte épine médiane, ventrale, couchée, dirigée vers l'avant et atteignant le niveau de la base de la deuxième paire de pattes où elle vient croiser un peu l'extrémité du rostre. Cette épine est blanchâtre avec extrémité verdâtre.

Cinq articles abdominaux visibles et un sixième apparaissant très peu en arrière. Chaque article a une petite épine latérale brune de chaque côté à sa limite postérieure. Pattes verdâtres grêles, légèrement pubescentes plus fortement aux tarses, sans épines. Tarses de trois articles, le dernier portant deux crochets.

Les adultes semblent ne pas se nourrir durant la période d'accouplement qui est très longue.

ÉLECTRICITÉ PHYSIOLOGIQUE. — *Relations de la chronaxie vestibulaire avec l'émotivité, à l'état normal et dans le pseudo-mongolisme et la démence précoce.* Note (1) de M. **Georges Bourguignon**, présentée par M. d'Arsonval.

I. Chronaxie vestibulaire normale. — En 1927 j'ai donné une technique pour la mesure de la chronaxie vestibulaire chez l'homme et avec la collaboration de Mlle R. Déjean (2), j'ai montré que le nerf vestibulaire est le seul nerf chez qui on puisse mettre en évidence d'une manière indiscutable des différences individuelles : la chronaxie du nerf vestibulaire constitue donc une véritable caractéristique de l'individu (3). Dès cette époque nous avons fait remarquer que la chronaxie vestibulaire, très grande (12^σ à 22^σ) apparente ce nerf cérébro-spinal au système sympathique.

(1) Séance du 20 juillet 1931.

(2) G. Bourguignon et R. Déjean, *Chronaxie normale du nerf vestibulaire de l'Homme* (*Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1396).

(3) G. Bourguignon, *Chronaxie des muscles de la jambe et réflexe plantaire..., et chronaxie normale du nerf vestibulaire de l'Homme. Caractéristiques de l'espèce humaine et de l'individu fournies par l'étude de ces chronaxies* (*Congrès des médecins aliénistes et neurologistes de France et des pays de langue française*, XXXIe session, Blois, 25-30 juillet 1927, p. 407).

Plus tard, avec mes élèves, Szwarc et Eliopoulos [1], j'ai montré que la diélectrolyse transcérébrale de calcium agit différemment sur les différents sujets normaux, augmentant ou diminuant l'indice oscillométrique, suivant qu'ils ont une grande (17^σ à 22^σ) ou une petite chronaxie vestibulaire (12^σ à 17^σ). Ceux dont l'indice diminue et dont la chronaxie vestibulaire est *petite* sont *très émotifs*, tandis que les autres ne le sont pas.

II. Variations pathologiques. — En laissant de côté les états pathologiques par lésion directe du nerf vestibulaire ou du labyrinthe, dans lesquelles la chronaxie vestibulaire varie en dehors de toute relation avec l'émotivité, j'ai supposé que, sans aucune lésion périphérique, la chronaxie vestibulaire devait varier avec l'émotivité en pathologie dans des limites bien plus étendues qu'en physiologie. La psychiâtrie devait donc fournir les sujets d'études, et c'est ainsi que j'ai été amené à étudier la chronaxie vestibulaire dans deux catégories de malades qui offrent précisément deux types extrêmes de variations de l'émotivité, les arriérés pseudo-mongoliens calmes et les déments précoces excités.

a. Pseudo-mongoliens et arriérés. — Parmi les pseudo-mongoliens, les uns sont calmes et les autres agités. Le premier type est d'une fréquence telle que je n'ai eu jusqu'à présent que des sujets calmes à étudier. Les pseudo-mongoliens, arriérés à facies spécial, sont d'une apathie et d'une passivité extrêmes et représentent un type remarquable de diminution de l'émotivité. On peut en rapprocher les arriérés non pseudo-mongoliens, quand ils sont calmes.

Chez tous les sujets de cette catégorie que j'ai pu examiner (8 pseudo-mongoliens et 1 arriéré calmes), la chronaxie vestibulaire est très augmentée.

Chez les pseudo-mongoliens, elle n'a jamais été inférieure à 500^σ (40 fois la plus petite chronaxie vestibulaire normale et 22 fois la plus grande) et jamais supérieure à 1500^σ (1,5 seconde, soit 120 fois la plus petite chronaxie vestibulaire normale et 66 fois la plus grande).

Chez le seul arriéré non pseudo-mongolien que j'ai eu à ma disposition, la chronaxie vestibulaire, toujours très augmentée, ne dépassait cependant pas 225^σ, soit 18 fois la plus petite chronaxie vestibulaire normale et 10 fois la plus grande. *Ce sujet était nettement moins apathique que les pseudo-mongoliens.*

---

(1) G. Bourguignon, *Électrode impolarisable biauriculaire pour la mesure de la chronaxie du nerf vestibulaire* (*Soc. de Biologie*, 101, 20 juillet 1929, p. 1057); Szwarc, *Thèse de la Faculté de médecine de Paris* (Jouve et Cie, 1929); G. Bourguignon et S. Eliopoulos, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 379; S. Eliopoulos, *Thèse de la Faculté de médecine de Paris* (Maloine, 1931).

Chez un même sujet, j'ai observé quelques variations d'un jour à l'autre et il y a toujours eu parallélisme entre la valeur de la chronaxie et l'état plus ou moins profond de torpeur.

Ces modifications de la chronaxie vestibulaire contrastent avec l'intégrité des chronaxies neuro-musculaires des membres que j'ai toujours trouvées normales.

b. Démence précoce. — Les déments précoces fournissent la contre-épreuve et permettent de voir les variations de la chronaxie suivant l'état d'émotivité.

Lorsque ces malades sont en état d'excitation, leur chronaxie vestibulaire est remarquablement petite : ils ont alors une augmentation considérable de l'émotivité. Lorsqu'ils sont au contraire en état de stupeur, indifférents à tout ce qui se passe autour d'eux, leur chronaxie vestibulaire augmente, mais n'atteint jamais les chiffres des pseudo-mongoliens.

Sur les neuf déments précoces que j'ai étudiés, cinq étaient en état d'excitation permanente : leur chronaxie vestibulaire était très diminuée, allant de 2^σ à 8^σ au maximum, la valeur de la chronaxie étant d'ailleurs fonction du degré d'agitation. En excitant par la parole un sujet modérément excité, on provoque une nouvelle diminution de la chronaxie. Ainsi, chez une malade dont la chronaxie était de $5^\sigma,2$ lorsqu'on la laissait à elle-même, la chronaxie descendait jusqu'à 3^σ si on l'excitait.

Les quatre autres malades étaient en état de stupeur plus ou moins profonde : leur chronaxie vestibulaire était augmentée, allant de 64^σ à 92^σ, et d'autant plus augmentée que la stupeur était plus profonde.

Chez ces quatre sujets, la chronaxie diminue jusqu'au-dessous de la normale quand on les excite par la parole et par des excitations cutanées, ce qui les fait sortir de leur stupeur et détermine une crise d'agitation. Voici un exemple de cette expérience qui a été répétée à plusieurs reprises avec les mêmes résultats chez les quatre sujets :

Sujet : B. Léonie; 12 mai 1930.

État de stupeur profonde	92^σ
Excitations modérées. Réveil partiel	36^σ
Excitations plus fortes. Crise d'agitation	$6^\sigma,8$
Malade laissée à elle-même. Retombe aussitôt dans son état de stupeur	80^σ

Ainsi la grandeur de la chronaxie vestibulaire paraît être en relation étroite avec le degré d'émotivité et avec la réaction des centres vaso-moteurs cérébraux à la diélectrolyse transcérébrale de calcium, tant à l'état normal qu'en pathologie. Il est logique de penser que l'émotivité est en relation intime avec les réactions vaso-motrices, manifestation du système neurovégétatif, auquel paraît bien lié, de par sa chronaxie, le nerf vestibulaire. Ce serait donc par l'intermédiaire du système sympathique que la chronaxie du nerf vestibulaire serait en rapport avec le degré d'émotivité. Les variations et l'instabilité de l'émotivité et de la chronaxie vestibulaire sont d'ailleurs plus grandes à l'état pathologique qu'à l'état normal, mais les phénomènes sont du même ordre dans les deux cas.

Conclusions. — 1° La chronaxie vestibulaire varie avec le degré d'émotivité, tant à l'état normal que dans les troubles mentaux (pseudo-mongoliens et déments précoces).

2° Chez un même sujet, la chronaxie vestibulaire varie avec l'état émotif du moment. Ce fait, que je n'ai pas encore mis en évidence chez les sujets normaux, est très net chez les déments précoces.

3° La chronaxie vestibulaire constitue donc bien une caractéristique de l'individu et même de son état émotif du moment.

PARASITOLOGIE. — *Prurit et dermatites produits chez les nageurs par des cercaires de mollusques d'eau douce.* Note de M. E. **Brumpt**, présentée par M. Ch. Achard.

Les habitants de certains pays avaient constaté qu'un séjour plus ou moins prolongé dans l'eau de certains lacs, étangs ou canaux, pour des raisons professionnelles ou sportives, était accompagné d'un prurit plus ou moins violent et parfois même d'une éruption papuleuse ou vésiculeuse.

La cause de ce prurit, qui s'observe déjà quelques minutes après le contact avec l'eau, a été expliquée pour la première fois, au Japon, par Narabayashi (1917), qui a démontré, sur lui-même, qu'il était produit par la pénétration des cercaires de *Schistosoma japonicum*. On sait que ces dernières sont émises, à certaines saisons, par deux mollusques gastéropodes operculés : *Katayama nosophora* et *Oncomelania hupensis*. Les cercaires de *Schistosoma hæmatobium* évoluent chez divers pulmonés aquatiques des genres : *Bullinus*, *Physopsis* et *Planorbis* et celles du *S. Mansoni*, évoluant exclusivement chez les mollusques du genre *Planorbis*, sont accusées, sur des données épidémiologiques sérieuses, de déterminer du prurit chez les sujets qui entrent en contact avec elles.

En ce qui concerne les cercaires comme elles en déterminent chez certains animaux d'expérience, de *S. bovis*, je n'ai pas observé (1930) de prurit, ni de dermatite sur ma peau, pendant leur manipulation, cependant certains animaux sensibles, les hérissons par exemple, éprouvent un prurit violent..

En plus de ce simple prurit fugace, ne produisant pas de lésions, il existe un certain nombre de dermatites occasionnées par un séjour dans l'eau douce. Je citerai, en particulier, le Kabure du Japon, indépendant des infections à *S. japonicum* d'après Miyagawa (1913), l'*exanthema caniculare*

de Naegeli (1923) observé en Suisse et connu localement sous les noms de *Hundsblattern* et *Aareausschlag* qui dure généralement un ou deux jours, rarement davantage, la «gale des nageurs» des États-Unis déterminée d'après Cort par *Cercaria elvæ* évoluant chez *Limnæa stagnalis oppressa*, *L. emarginata angulata* et *Physa parkeri*. En Angleterre, plusieurs centaines de personnes se baignant à Cardiff, dans une piscine artificielle riche en *Planorbis corneus* et en *L. stagnalis*, eurent des dermatites d'une durée de quinze jours environ, provoquées par *Cercaria ocellata* parasite de ce dernier mollusque (Matheson, 1930; Taylor et Baylis, 1930). Enfin, en Allemagne, Vogel (1930) a démontré que la *Cercaria ocellata* était responsable des lésions observées dans des circonstances identiques. Cort, Vogel et Taylor ont suivi la marche des lésions sur leur propre peau, de plus Vogel, par une biopsie, a pu retrouver en place, dans une papule, le corps de la cercaire.

Dans le courant du mois de juillet 1931, j'ai eu l'occasion de trouver dans les ruisseaux du Bois de Boulogne une *Limnaea stagnalis*, sur 140 examinées, infectée par *Cercaria ocellata* [1] et deux autres infectées par une furcocercaire d'holostomidé, non pathogène pour les poissons; j'ai également rencontré six *Planorbis corneus*, sur 614 examinés, présentant des cercaires de *Bilharziella polonica* [2].

En partant de ces diverses cercaires, j'ai entrepris un certain nombre d'expériences sur des animaux et j'ai étudié de plus leur rôle pathogène éventuel pour l'homme.

Le 12 juillet 1931, environ 150 *Cercaria ocellata* sont mises dans un couvercle de tube Borrel et placées sur la peau de mon avant-bras gauche durant dix minutes. Dès la huitième minute des piqûres très nettes furent perçues et deux minutes plus tard l'eau utilisée, examinée à la loupe ne renfermait qu'une cercaire entière, toutes les autres avaient abandonné leur queue et avaient pénétré dans la peau. Cette dernière présentait une rougeur très nette vingt minutes après le début de l'expérience et plus d'une centaine de petites taches rouges s'effaçant à la pression. Deux heures après les taches mesuraient 1^{mm} de diamètre et vers la dixième heure devenaient papuleuses.

---

(1) Cette cercaire n'avait encore été signalée en France que par P. Mathias qui en a fait une excellente étude morphologique et biologique en 1930.

(2) Cette cercaire n'avait encore été vue que par un seul auteur (Szedat, 1930), en Allemagne; c'est la première fois qu'elle est signalée en France.

Après 24 heures, les papules parfois confluentes d'un diamètre de 2^{mm}, présentaient une tache centrale hémorragique; cet aspect alla en s'accentuant durant cinq jours, puis régressa. Cette éruption, qui ne fut jamais pustuleuse, s'accompagna, dès le début, d'un prurit intermittent d'intensité variable diurne et nocturne. Quinze jours après le début de l'expérience les lésions étaient encore visibles. Fait curieux, une souris nouveau-née, mise durant 1 heure au contact de très nombreuses cercaires ne présenta aucune lésion cutanée macroscopique et aucune forme évolutive ne fut rencontrée dans ses organes 72 heures plus tard; un poisson rouge laissé plusieurs jours dans la même cuve que la limnée parasitée ne sembla nullement incommodé.

De nombreuses furcocercaires d'un holostomidé encore indéterminé, provenant également de *L. stagnalis*, furent déposées sans résultat, dans les mêmes conditions sur ma peau et sur celle d'une petite souris encore dépourvue de poils; ces cercaires, fortement armées de piquauts à leur extrémité antérieure, auraient pu certainement pénétrer dans les téguments si les tropismes propres à leur espèce avaient été positifs vis-à-vis des mammifères.

Enfin deux expériences faites, l'une sur mon fils aîné, l'autre sur moi, avec des furcocercaires de *Bilharziella polonica* ont été négatives. Par contre un canard, autopsié le quinzième jour, présentait un certain nombre de vers adultes dans les veines de divers organes et des œufs dans le foie, le dernier tiers de l'intestin grêle et le gros intestin. Cette espèce de cercaire ne pénètre pas davantage à travers la peau des souris nouveau-nées car, après vingt minutes de contact, les parasites peuvent être retrouvés entiers dans l'eau.

En résumé, la présence de certains mollusques dans l'eau des piscines ou de collections d'eau diverses, peut être la cause de dermatites provoquées par la pénétration des cercaires qu'ils émettent à certaines époques de l'année.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de la pepsine sur les solutions d'acides monoaminés, isolés ou en mélange.* Note de M. A. **Blanchetière**, présentée par M. A. Desgrez.

J'ai mis en évidence (¹), dans les produits d'hydrolyse fermentaire des albuminoïdes, des quantités importantes d'azote diacipipérazique, confirmant, par une technique entièrement différente, les recherches faites sur le même sujet par Abderhalden et ses collaborateurs, et par Zelinski et Gavrilov (²). Cet ensemble de résultats vient aussi d'être confirmé par F. V. Desai (³), qui a isolé des produits de digestion pepsique, par dialyse différentielle, une fraction eutièrement dépourvue, comme les diacipipérazines, d'azote aminé.

Reste à voir si celles-ci sont des produits primaires ou secondaires de l'action des ferments.

La rétrogradation fermentaire des produits d'hydrolyse des protéines a été l'objet de recherches (⁴) et les cas des coaguloses et des plastéines sont bien connus.

D'autre part la rétrogradation chimique a également été démontrée par Zelinski et Sadikof (⁵) qui ont constaté une légère diminution de N titrable au formol lorsqu'on dissout de la glycine dans SO^4H^2 à 25 pour 100, HCl $n/4$, ainsi que dans l'acide acétique ou la soude. Mais ici les conditions de concentration sont bien différentes de celles utilisées pour l'hydrolyse fermentaire des protéines, soit pH = 1 à 4 dans le cas de la pepsine.

Dans les présentes expériences, je me suis placé, au contraire, dans des conditions identiques à celles de mes recherches antérieures sur l'hydrolyse, tant en ce qui concerne la concentration du substrat (1 atome aminé par litre) que la concentration en acide et enzyme. Après des temps d'incubation variables, les variations de N aminé ont été suivies par la méthode de Sörensen qui donne, par différence entre N aminé primitif et celui

(¹) A. Blanchetière, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 405; 185, 1927, p. 1321; 188, 1929, p. 112; 189, 1929, p. 784; 191, 1930, p. 1479.
(²) H. B. Vickery et T. B. Oosborne, *Physiol. Rev.*, 8, 1928, p. 393-446.
(³) F. V. Desai, *Biochem. Journ.*, 24, 1930, p. 1897-1904.
(⁴) H. Wasteneys et H. Borsook, *Physiol. Rev.*, 10, 1930, p. 110-145.
(⁵) N. D. Zelinski et V. S. Sadikof, *Biochem. Zeit.*, 141, 1923, p. 97-104.

trouvé, la quantité des NH^2 disparus, tant sous forme peptidique que sous forme diacipipérazique. La présence de ces derniers groupements a été démontrée au moyen de la réaction de Abderhalden et Komm, acide picrique ou *m*-dinitrobenzène en présence des carbonates alcalins au bain-marie.

Les résultats quantitatifs ont été les suivants :

Jours d'incubation à 37.	Glycine.		Pour 100 des NH^2 disparus. Alanine.	Glycine + Alanine.
7	5,27	6,33	7,95	5,58
14	5,58	5,2	10,3	6,96
30	7,36	-	12,13	9,7
63	3,41	3,52	10,3	7,43
120	4,81	3,52	10,3	11,0

Il y a donc disparition faible, mais nette, des groupements NH^2 qui, très rapide au début, ne tarde pas à s'atténuer. Comme la réaction de Abderhalden et Komm est toujours positive, on doit admettre qu'une fraction au moins de N aminé disparu l'est sous forme diacipipérazique.

Dans son important travail sur la synthèse des peptides en présence de la glycérine, L.-C. Maillard ([1]) a émis une très intéressante hypothèse sur le rôle de cet alcool polyatomique dans la synthèse peptidogène; il était donc nécessaire de rechercher si la présence de glycérine activerait la réaction précédente. En opérant dans des conditions identiques, à cela près que le milieu renfermait 10 pour 100 de glycérine, il a été constaté que la quantité des NH^2 disparus est toujours restée inférieure à 1 pour 100 lorsqu'on la suit par la méthode de Sörensen et à 2,5 pour 100 si on la suit par la méthode des carbaminés telle que je l'ai décrite ([2]). Dans les conditions de mes expériences, la glycérine non seulement ne favorise pas la synthèse peptidogène, mais encore paraît avoir une action défavorable.

On doit conclure de ceci : 1° que les diacipipérazines présentes dans les produits d'hydrolyse fermentaire des matières albuminoïdes proviennent, en partie au moins, de la rétrogradation; 2° que la méthode des carbaminés donne des résultats plus forts que la méthode de Sörensen.

([1]) L.-C. Maillard, *Genèse des matières protéiques et des matières humiques.* p. 201-217, Paris, Masson, 1913.

([2]) A. Blanchetière, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 41, 1927, p. 101-110.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Recherches expérimentales sur la sensibilité au virus de la fièvre exanthématique des animaux domestiques porteurs de* Rhipicephalus sanguineus. Note de MM. **Georges Blanc** et **J. Caminopétros**, présentée par M. Roux.

La découverte du mode de transmission, à l'homme, de la fièvre exanthématique par la tique *R. sanguineus*, a précisé le problème épidémiologique de cette maladie. La fièvre exanthématique étant rare chez l'homme, il est nécessaire que le virus existe, dans la nature, en dehors de lui. Il peut se rencontrer chez un animal commensal de l'homme, sur lequel la tique s'infecte et transmet, à son tour, le virus à l'homme; il peut n'exister que chez la tique, où il se conserve par infection héréditaire; il peut enfin relever de ces deux modes de conservation. Nous avons dit ailleurs pourquoi nous soupçonnions l'infection héréditaire de la tique et nous avons exposé les expériences qui nous ont permis de démontrer l'exactitude de cette hypothèse ([1]). Mais ce fait n'impliquant pas *a priori* l'absence de réservoir de virus vertébré nous avons cru devoir rechercher si les animaux domestiques, porteurs habituels de *R. sanguineus*, étaient réceptifs à la maladie de Conor-Olmer et, par conséquent, pouvaient à l'occasion jouer le rôle de réservoir de virus.

Dans ce travail nous exposerons le résultat des recherches qui ont porté sur le chien, le lapin, le rat gris, le porc, le mouton et le pigeon.

Technique. — La sensibilité d'un animal à une infection de l'homme ne peut être affirmée avec certitude, le plus souvent, que si le passage de l'animal à l'homme redonne la maladie type. La fièvre exanthématique pouvant être utilisée, sans danger, dans un but de pyrétothérapie, nous avons toujours contrôlé la virulence du produit inoculé aux animaux par l'inoculation du même produit à l'homme et ensuite, pour juger avec certitude de l'infection de l'animal, nous avons inoculé son sang à des hommes justiciables de la pyrétothérapie.

Chien. — Les chiens ont été choisis jeunes, recueillis à Athènes, où les tiques ne sont pas infectées, pour être sûrs que les animaux inoculés par nous n'avaient pas acquis l'immunité par une première infection. Au total neuf chiens ont été inoculés,

([1]) Georges Blanc et J. Caminopetros, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1682.

soit avec du sang de malade en pleine éruption, soit avec des tiques, provenant de Volo, et dont le pouvoir infectant à été contrôlé sur l'homme. La température des animaux a été prise régulièrement, deux fois par jour, pendant 30 à 60 jours. Des saignées, par ponction du cœur, ont été faites, à intervalles variés, du 5ᵉ jour après l'inoculation jusqu'au 39ᵉ jour. Les prises de sang citraté ont été de 20 à 30^{cm^3} inoculés ensuite à l'homme par voie intraveineuse. Au total 28 sujets ont été ainsi inoculés, sans que jamais l'inoculation donnât un résultat positif. Des tiques à l'état de nymphes ou adultes et gorgées sur les chiens inoculés, ont été ensuite broyées et inoculées à l'homme, également sans aucun résultat. Ajoutons que les chiens sont restés en parfaite santé après l'inoculation de virus et n'ont pas présenté de courbe de température caractéristique d'une infection.

Lapins. — Neuf lapins ont été inoculés dans les mêmes conditions que les chiens. Vingt-trois individus ont été inoculés par voie intraveineuse avec du sang de ces lapins, prélevé par ponction du cœur, du sixième au seizième jour qui suivait l'inoculation. Jamais cette inoculation n'a provoqué une fièvre exanthématique.

Dans trois cas, trois sujets ont eu une courte fièvre 8 à 10 jours après l'inoculation de sang de lapin. Des passages à d'autres sujets, avec de grandes quantités de sang (40^{cm^3}), sont restés négatifs.

Rat gris. — Deux rats, inoculés comme les lapins, ont servi à faire deux passages à deux individus, sans résultat.

Porc. — Un porcelet, inoculé par voie intracardiaque, avec 20^{cm^3} de sang de malade, a été saigné à deux reprises le onzième et le quinzième jour qui suivaient l'inoculation. Deux sujets inoculés avec le sang (30^{cm^3}) des saignées sont restés indemnes. Le porc n'a présenté ni fièvre, ni éruption.

Mouton. — Un mouton, inoculé par voie intraveineuse avec 25^{cm^3} de sang d'un malade fébrile et en pleine éruption, n'a manifesté aucun trouble. Deux saignées faites, l'une le douzième jour et l'autre le dix-huitième jour, après l'inoculation, ont permis d'inoculer deux sujets qui n'ont pas réagi.

Pigeon. — Un pigeon, inoculé par voie intramusculaire avec 5^{cm^3} de sang virulent, n'a présenté aucune réaction. Son sang prélevé au treizième jour après l'inoculation ne s'est pas montré virulent pour l'homme.

Résumé et conclusions. — 1° Il ressort de nos expériences que les animaux en contact habituel avec l'homme et porteurs normaux de *Rhipicephalus sanguineus* ne sont pas sensibles au virus de la fièvre exanthématique.

2° Le fait que le virus de la fièvre exanthématique est transmis héréditairement par le *Rhipicephalus sanguineus* à sa descendance s'accorde avec les données que nous venons d'établir, ce qui nous permet de concevoir au moins dans la région méditerranéenne, la fièvre exanthématique comme une infection de la tique du chien, se conservant de tiques en tiques, sans l'intermédiaire d'un animal domestique réservoir de virus.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Recherches préliminaires sur certaines protrusions du globe oculaire, en particulier sur l'exophtalmie basedowienne.* Note de MM. **Marcel Labbé**, **Maurice Villaret**, **L. Justin-Besançon**, Mlle **D. Kohler**, Mme **Schiff-Wertheimer** et M. **P. Soulié**, présentée par M. Ch. Achard.

L'excitation du sympathique céphalique et l'influence de la sécrétion thyroïdienne, maintes fois invoquées dans les discussions pathogéniques sur l'exophtalmie basedowienne, soulèvent en fait un double problème.

En premier lieu l'excitation du sympathique, qui détermine une protrusion du globe oculaire très comparable à l'exophtalmie basedowienne, provoque en même temps une mydriase intense. Or, dans de nombreux cas cliniques de goître exophtalmique ou de syndromes neuro-végétatifs s'accompagnant d'exorbitis, on voit coexister paradoxalement exophtalmie et myosis. Est-il donc possible de réaliser expérimentalement l'excitation simultanée des deux systèmes antagonistes, sympathique et parasympathique, dans des conditions telles qu'on obtienne une exophtalmie, s'accompagnant de myosis ou plus généralement d'un état quelconque de la pupille, du rythme cardiaque, etc., en un mot de manifestations neuro-végétatives les plus diverses?

En second lieu, la clinique a de longue date souligné la fréquente association de l'exophtalmie aux manifestations d'hyperthyroïdie (tachycardie, amaigrissement, élévation du métabolisme basal) qu'on peut reproduire par injection de thyroxine. Or nous savons aujourd'hui qu'un excès de thyroxine dans les humeurs n'est ni nécessaire, ni suffisant pour déclencher l'exophtalmie. Ne pourrait-on pas cependant démontrer que la thyroxine possède un *rôle adjuvant* dans la production de l'exophtalmie, ce qui expliquerait la *fréquence* de cette dernière chez les hyperthyroïdiens, tout en conduisant à admettre une autre cause première de ce phénomène?

La clinique nous ayant fourni ces hypothèses de travail, nous avons entrepris sur l'exophtalmie expérimentale des recherches actuellement facilitées par l'existence de nombreuses drogues sympathomimétiques et d'une thyroxine synthétique d'effets constants.

Sur 53 chiens, nous avons enregistré les réactions cardio-vasculaires, en même temps que nous suivions l'évolution de l'exophtalmie provoquée. Ces expériences nous ont permis les constatations suivantes :

1° Les divers sympathomimétiques diffèrent profondément entre eux dans leur action sur le globe oculaire. Tandis que les substances du groupe adrénaline, adrénalone, etc., à des doses produisant des effets vaso-constricteurs puissants, ne déterminent qu'une faible exophtalmie, d'autres (telles l'éphédrine, l'éphédrone, la tyramine, la paraméthylphényléthylamine) à effet vasculaire égal ou moindre provoquent une protrusion de l'œil beaucoup plus marquée.

2° L'injection d'une substance excitant le parasympathique, telle la pilocarpine, fait rapidement régresser l'exophtalmie déclenchée par l'administration de certains sympathomimétiques, tels que la tyramine. Par contre l'exophtalmie déclenchée par la phényléthylamine disparaît plus lentement dans ces conditions; celle provoquée par l'hordénine ne régresse que très incomplètement; enfin, celle provoquée par l'éphédrine ou l'éphédrone ne régresse pas ou augmente. Ainsi, en utilisant ces derniers sympathomimétiques, on peut observer, par l'injection successive de doses adéquates d'éphédrine, puis de pilocarpine, *une exophtalmie considérable en pleine excitation parasympathique* (myosis, bradycardie, salivation, etc.).

3° Des doses liminales de certains sympathomimétiques, telle l'éphédrine, insuffisantes par elles-mêmes pour provoquer l'exophtalmie, peuvent déclencher celle-ci chez un chien ayant reçu quelques minutes auparavant une injection de thyroxine (1^{mg} par kilogramme). Inversement, l'administration de thyroxine peut déterminer la protrusion du globe oculaire chez un chien ayant reçu auparavant une dose d'éphédrine insuffisante pour la provoquer. Ces expériences établissent donc le *rôle adjuvant de la thyroxine dans la production de l'exophtalmie* par excitation du sympathique.

Enfin l'injection successive de thyroxine (1^{mg} par kilogramme), de pilocarpine (1^{mg} par kilogramme) et d'éphédrine (1 à 10^{mg} par kilogramme), permet de réaliser à coup sûr une exophtalmie intense et persistante s'accompagnant de phénomènes traduisant l'excitation simultanée du sympathique et du parasympathique.

4° L'exophtalmie provoquée dans ces conditions est indépendante des phénomènes cardio-vasculaires concomitants, en particulier de la poussée hypertensive. Elle ne relève pas d'une action sur le tonus du globe oculaire ou sur la musculature extrinsèque de l'œil.

5° L'injection intraveineuse de 1 à 2^{mg} par kilogramme de chlorhydrate d'yohimbine (dont Raymond-Hamet a montré les curieuses propriétés paralysantes pour certaines fibres sympathiques) a fait rapidement régresser l'exophtalmie obtenue dans toutes nos expériences.

Certains essais cliniques nous permettent de penser que ces constatations expérimentales peuvent prêter à des déductions valables en physio-pathologie humaine. En particulier le traitement de quelques exophtalmies par de fortes doses d'yohimbine nous a déjà donné des résultats encourageants.

La séance est levée à 15h 30m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juin 1931.

L'évolution morphologique du Faucigny (Vallées du Giffre et de l'Arve; vallées du Trient et de la Viège en Bas Valais), par Robert Perret. Paris, Pierre-Henry Barrère, 1931; 1 vol. 23^{cm}. (Présenté par M. Jacob.)

Les champignons parasites et les mycoses de l'Homme, par Paul Vuillemin. In *Encyclopédie mycologique*. Paris, Paul Lechevalier, 1931; 1 vol. 25^{cm},5.

Recherches sur les sauterelles-feuilles de l'Amérique tropicale, par M. P. Vignon. Extrait des *Archives du Muséum national d'histoire naturelle*. Paris, Masson et Cie, 1931; 1 vol. 33^{cm}. (Présenté par M. E. Bouvier.)

La formation des continents et les mouvements de l'écorce terrestre. Discours de réception prononcé en la séance publique du 21 avril 1931, de l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Lyon, par Claude Gaillard. Lyon, Imprimerie Rey, 1931; 1 fasc. 28^{cm}.

Le problème de l'évolution, par Maurice Caullery. Paris, Payot, 1931; 1 vol. 23^{cm}.

Centenaire de Marcelin Berthelot 1827-1927. Paris, Imprimerie de Vaugirard, 1929; 1 vol. 36^{cm},5.

Régence de Tunis. Direction générale des travaux publics. *Carte géologique*, par M. Solignac. Échelle 1/500.000^{e}. Paris, Institut cartographique, 1931; 3 planches, 75^{cm} × 116^{cm}.

La physico-chimie de la sexualité, par Ph. Joyet-Lavergne. Berlin, Borntraeger, 1931; 1 vol. 22^{cm},5.

(*A suivre.*)

ERRATA.

(Séance de 15 juin 1931.)

Note de M. *A. Guilliermond*, Nouvelles recherches sur les caractères microchimiques et sur le mode de formation cytologique des pigments anthocyaniques :

Page 1584, ligne 6, *au lieu de* Dans les pétales des roses rouges, le pigment peut se former dans les premiers stades de l'évolution du vacuome, *lire* Dans les pétales des roses rouges, le pigment se trouve en partie dans cet état, en partie cristallisé sous forme d'un gros sphérocristal. Dans les fleurs, le pigment peut se former directement dans les premiers stades de l'évolution du vacuome.

(Séance du 29 juin 1931.)

Note de M. *Jules Amar*, Capacité vitale et ventilation pulmonaire :

Page 1757, ligne 2, *au lieu de* 1800 : 4,0, *lire* 1800 : 4,90.

(Séance du 6 juillet 1931.)

Note de M. *Émery*, Origine bactérienne des tumeurs de l'orme :

Page 76, à la suite du titre, *lire* Note de M. Émery, présentée par M. Roux.

(Séance du 20 juillet 1931.)

Note de MM. *Gabriel Bertrand* et *P. Serbescu*, Sur la toxicité de l'aluminium, comparée à celle du fer, du nickel et d'autres métaux :

Page 131, à la fin de la note du bas de la page, *ajouter* G. Bertrand et Georgette Lévy, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 525.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 AOUT 1931.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉTÉORITES. — *Les tectites des Philippines.* Note [1] de M. **A. Lacroix**.

Dans une récente monographie des météorites des Philippines, le P. Manuel Selga a signalé [2] l'existence de tectites à Manille. Elles ont été découvertes par M. H. Otley Beyer, au cours de recherches archéologiques, effectuées dans le cercle de Novaliches (province de Rizal) et à cause de cela il les a désignées sous le nom de *rizalites* [3]. Elles gisaient dans un site préhistorique attribué à l'âge de fer (500 ans avant notre ère); 300 échantillons ont été recueillis dans cette province, puis il en a été trouvé d'autres dans celles de Nueva Ecija et de Batangas. Comme en Indochine et à Billiton, leur gisement originel se trouve dans des alluvions.

Le P. Selga a bien voulu m'envoyer quelques échantillons de ces tectites en m'engageant à les étudier plus complètement. Ce sont, en particulier, deux ellipsoïdes très réguliers pesant respectivement 34^g (les dimensions sont $33^{mm} \times 28^{mm}$) et 25^g ($33^{mm} \times 25^{mm}$) et aussi un fragment, sans forme régulière, détaché d'une pièce de plus grandes dimensions.

---

(1) Séance du 27 juillet 1931.

(2) Rev. Miguel Selva., S. J., Director, Weather Bureau. *Meteorites in the Philippines* (*Publications of the Manila Observatory*, 1, IX, 1930, p. 50).

(3) M. Franz Ed. Suess a proposé le nom de *tectite* (τηκτος, fondu), pour l'ensemble des verres de ce genre et pour lesquels il n'est pas désirable de voir créer un nouveau nom chaque fois qu'un gisement nouveau est découvert.

Ces tectites ont été recueillis près de Rosario, à une vingtaine de kilomètres du volcan Taal, dans la province de Batangas, c'est-à-dire dans le Sud de l'île Manille.

Leur couleur est noire, d'un brun verdâtre par transparence dans les esquilles minces. Ce verre est dépourvu de cristallites et ne diffère pas de celui des tectites indochinoises. Les échantillons observés ne renferment pas de grosses bulles gazeuses.

La surface est uniformément creusée de cavités de corrosion, le plus souvent hémisphériques, tantôt isolées les unes des autres et alors régulières, tantôt coalescentes. Dans ce dernier cas, ou bien elles sont réunies sans ordre, ou bien alignées pour donner de ces canaux vermiformes, si abondants à la surface des tectites de Billiton et moins fréquents sur celles d'Indochine. Sur la plus grosse de ces tectites de Manille se trouve un long canal de ce genre, de disposition presque équatoriale; il est contourné en forme de S et très profond. Il semble bien être le résultat de l'agrandissement d'une fissure superficielle par le mécanisme décrit par M. Van der Veen (1) dans les billitonites et les produits de ses expériences sur celles-ci.

Je donne ci-contre l'analyse d'une tectite de Rosario, une nouvelle analyse d'une tectite de l'Annam et, comme comparaison, trois autres analyses empruntées à l'une de mes Notes antérieures. Ces analyses sont de M. Raoult, sauf celle du n° 4 faite par M. Mueller.

Ces diverses données, jointes à celles que j'ai publiées antérieurement, montrent la grande analogie de composition chimique et de constantes physiques de toutes les tectites de la vaste région de l'Insulinde et de ses annexes. La plus grande variation porte sur la chaux; c'est elle qui entraîne des variations correspondantes dans la teneur de l'alumine libre et de l'anorthite calculées.

Il faut noter, en outre, qu'en Indochine et en Malaisie, aux Philippines, à Bornéo, à l'île Bunganan, à Billiton, les conditions de gisement sont identiques, ce qui entraîne la conviction d'une origine, d'un mode de mise en place semblables et sans doute contemporains.

Les auteurs qui ont admis, comme je le fais moi-même, que les ornements en creux de la surface des tectites de Billiton sont dus à des phénomènes de

(1) R. W. van der Veen, *Origin of the tectite sculpture and some consequences* (*Verhandelingen van het Geologisch Mijnbouwkundig Genootschap voor Nederland en Koloniën*, Geologische Serie, Deel VI, Bladz), 1923, p. 15-41.

corrosion effectués, en place, là où on les rencontre actuellement [1] ont fait intervenir pour les expliquer des réactions chimiques énergiques, telles que l'action des produits de la décomposition de la pyrite sur la fluorine, minéral connu dans les alluvions stannifères de Billiton.

1. Rosario.................................. 'II.3.3'.3
2. Dan-kia (Annam)...................... (I) II.3.3.3
3. Malaisie................................. 'II.3'.3.3
4. Tutong (N. Bornéo)..................... II.3.3.3
5. Billiton................................... (I) II.3.3.'3

	1.	2.	3.	4.	5.
SiO^2	71,64	72,26	70,08	70,90	70,28
Al^2O^3	12,53	13,18	13,61	13,50	12,67
Fe^2O^3	»	»	0,15	0,32	0,20
FeO	5,32	5,32	4,81	5,47	5,28
MgO	2,79	2,15	2,16	2,45	2,62
CaO	3,42	2,42	3,48	2,35	3,92
Na^2O	1,21	1,42	1,99	1,46	1,71
K^2O	2,28	2,15	2,44	2,17	2,32
TiO^2	0,98	0,99	0,79	1,00	1,10
H^2O (+)	0,19	0,14	»	»	»
H^2O (—)	tr.	0,06	0,08	»	0,05
MnO	0,10	0,10	0,15	»	0,19
	100,46	100,40	99,84	99,62	100,35
SiO^2 libre %	40,98	43,56	35,0	41,6	38,9
Al^2O^3 libre %	1,94	4,08	1,2	4,5	0,4
Or/Pl	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4
An % du plagioclase	62	42	51	49	59
Σb	17,05	15,6	14,8	16,6	13,1
Densité	2,447-2,451	2,440	2,443	»	2,457
N(Na)	1,5130	2,5133	1,5148	»	1,5157

L'identité, ou tout au moins l'analogie, de ces ornements dans l'ensemble des gisements considérés dans cette Note, où ces conditions minéralogiques spéciales aux gisements stannifères ne sont certainement pas réalisées, montre que lesdites corrosions y sont sans aucun doute l'œuvre d'agents chimiques moins exceptionnels, sans doute l'acide carbonique et l'acide humique, si abondants dans les sols des pays intertropicaux.

---

(1) De nouveaux échantillons que je viens de recevoir du Cambodge et du plateau du Lang Bian démontrent cette proposition avec plus de netteté encore que ceux étudiés antérieurement : telles sont les lames translucides et tranchantes comme une lame de rasoir (tectites en lames et en forme de faucille) du Cambodge, les larmes et poires du Lang Bian dont la longue queue, creusée, comme toute la pièce, de profondes cupules, se termine par une pointe frêle et acérée, très fragile.

OPTIQUE. — *Prismes polariseurs à champ normal fondés sur la réflexion cristalline interne.* Note (¹) de M. **Aimé Cotton.**

J'ai fait construire des prismes polariseurs, taillés les uns dans du spath, les autres dans du quartz, qui polarisent un faisceau de lumière en le faisant tourner d'un angle droit. J'ai été conduit à les étudier pour la raison suivante : Dans certains cas (qui se sont présentés lors de l'étude d'appareils destinés à servir avec le grand électro-aimant de Bellevue) on doit faire dévier d'un angle droit avec un prisme à réflexion totale un faisceau de lumière, puis le polariser de façon que les vibrations s'effectuent parallèlement à une direction fixe. Il est alors naturel de chercher à remplacer le verre du prisme à réflexion totale par une substance biréfringente, de façon que ce prisme joue à la fois le rôle d'un miroir et celui d'un polariseur. La chose est possible et les appareils réalisés présentent quelques propriétés qu'il me paraît utile de signaler.

J'utilise des prismes taillés dans un cristal uniaxe (spath ou quartz par exemple) comme le prisme que Dove construisait avec du spath, mais qui fonctionnent autrement. Ils ont la forme d'un prisme dont la section droite est un triangle isoscèle ABC rectangle en B. L'une des faces AB est normale à l'axe optique, l'autre BC est parallèle à cet axe. C'est la face normale à l'axe qui doit recevoir le faisceau incident lorsque l'appareil sert de polariseur : c'est ce cas qu'on a supposé dans la figure schématique ci-contre. Si le prisme devait servir d'analyseur il faudrait au contraire tourner la face AB du côté de l'œil de l'observateur.

Lorsqu'un tel prisme de spath, dont la face hypoténuse est inclinée ainsi de 45° sur l'axe, reçoit des rayons inclinés convenablement sur la normale à la face d'entrée, les rayons ordinaires peuvent subir seuls la réflexion totale. C'est dans ces conditions, où les rayons ordinaires utilisés subissaient des réfractions à l'entrée et à la sortie, que Dove (²) se servait de l'appareil. Celui-ci a alors un champ angulaire étendu, plus grand d'après Dove que celui d'un nicol, mais il a alors, comme le remarque Bruhat (³),

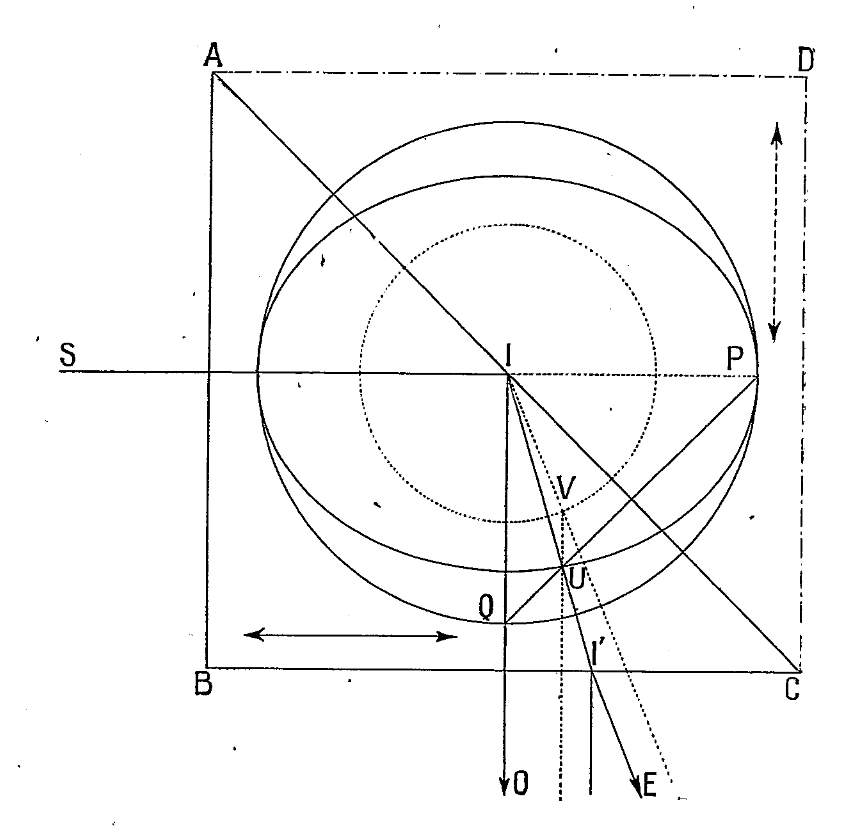
---

(¹) Séance du 27 juillet 1931.

(²) Dove, *Pogg. Annalen*, 59, 1864, p. 18 et 456.

(³) G. Bruhat, *Traité de Polarimétrie*, éditions de la *Revue d'Optique*, Paris, 1931, p. 56.

un inconvénient : le faisceau extraordinaire n'est pas supprimé complètement puisqu'il subit toujours une réflexion partielle. C'est bien le faisceau ordinaire que j'utilise, mais en faisant arriver le rayon moyen du faisceau incident *normalement* à la face d'entrée. On obtient alors non pas l'équivalent d'un nicol, mais d'un biréfringent donnant *deux* faisceaux distincts à partir d'un même faisceau incident approximativement parallèle : Le faisceau



ordinaire O a été réfléchi exactement comme par un prisme de verre qui aurait l'indice ordinaire n_0. Le faisceau extraordinaire s'est réfléchi en faisant un angle de réflexion différent de l'angle d'incidence et s'écarte déjà à l'intérieur du prisme du faisceau ordinaire; l'écart angulaire s'accentue en I' à la sortie du prisme lorsque ce faisceau E prend sa direction définitive. On supprime par un diaphragme ce faisceau parasite qui, dans le cas du spath et d'un faisceau de lumière blanche, est dispersé et coloré.

La construction géométrique des directions O et E des deux rayons émergents se fait aussitôt comme l'indique la figure en utilisant la sur-

face des indices (¹). Sur cette figure schématique faite dans l'hypothèse d'un uniaxe négatif, on a figuré, outre la sphère de rayon n_0 et l'ellipsoïde de révolution de rayon équatorial n_e bitangents en P, une sphère de rayon IV = 1 qui donne la direction I'E, parallèle à IV, du rayon extraordinaire qui émerge en I' en se réfractant à la sortie.

On trouve aussitôt pour le sinus de l'angle I l'expression

$$\sin I = n_0 \frac{n_0^2 - n_e^2}{n_0^2 + n_e^2},$$

où n_e désigne l'indice extraordinaire principal.

Pour le spath (indices $n_0 = 1,65$, $n_e = 1,48$) sin I est égal à 0,177, l'angle I dépasse 10° : on voit qu'il est alors très facile de séparer les deux faisceaux émergents. La séparation dans le cas du quartz exige des parcours des faisceaux plus longs à partir du prisme, l'angle I (en radians) est en effet alors à peu près $n_e - n_0$, c'est-à-dire de l'ordre de $\frac{1}{100}$. On voit sur la figure que, dans tous les cas, la bifurcation est la même que celle que donnerait un prisme de Sénarmont taillé dans le même cristal et qui comprendrait, outre le prisme ABC, le prisme ADC figuré en pointillé.

La bifurcation donnée par un prisme de Rochon est à peine plus grande : dans le cas du spath, l'angle A étant encore 45°, elle serait 0,18. On voit donc que ces prismes fonctionnant par réflexion donnent pratiquement les mêmes séparations angulaires que les biréfringents ordinaires, *en employant moitié moins de matière première*.

Ces prismes, qui utilisent le rayon *ordinaire*, sont *à champ normal*. Ils ont en outre l'avantage sur les biréfringents et les nicols qu'on évite ainsi l'em-

---

(¹) C'est M. Camille Raveau qui a montré le premier la simplification qu'apporte la considération de cette surface, dans un Mémoire du *Bulletin de la Société de Minéralogie*, 34, 1911, p. 5. M. Raveau s'occupait du retard entre les deux vibrations transmises par une lame cristalline quelconque, uniaxe ou biaxe, et montrait que le retard a une représentation géométrique extrêmement simple, si l'on utilise la surface des indices. En fait cette surface est utile dans tous les problèmes relatifs à des ondes planes. On dit parfois — et cette opinion est encore exprimée dans le *Traité d'Optique* récent de G. Bruhat (Masson à Paris, 1911, p. 501) — que, pour traiter le problème de la réflexion totale sur un cristal, c'est la surface d'onde qu'il faut considérer : or, même dans ce cas, elle est moins avantageuse que la surface des indices. Les remarques géométriques faites autrefois par Cornu à la Société française de Physique sur la mesure des indices des cristaux biaxes par la méthode de la réflexion totale et sur la discrimination de l'indice parasite, se retrouvent très facilement en considérant cette surface.

ploi de la couche de baume ou d'huile que l'on place entre les deux moitiés des instruments servant de polariseurs. Cela a bien des avantages : on supprime ainsi, outre les réflexions partielles, les diffusions que produit cette couche intermédiaire quand elle est altérée ou qu'elle renferme des bulles : Dove remarquait déjà que son prisme, très lumineux, pouvait être éclairé par un faisceau intense qui fondait la couche de baume d'un nicol. J'ajouterai que ces prismes peuvent naturellement servir de polariseurs pour l'ultraviolet, puisque cette couche intermédiaire qui peut absorber ces radiations est supprimée et que la seule matière employée est le spath ou le quartz.

Ce qui limite l'emploi de ces prismes, c'est qu'on ne peut pas les faire tourner, quand cela est nécessaire, sans faire tourner en même temps le faisceau lumineux lui-même. Il faut remarquer toutefois que l'on pourrait employer des réflexions auxiliaires pour conserver aux rayons après polarisation leur direction primitive. En outre il arrive assez souvent qu'on puisse faire tourner soit la source en même temps que le polariseur, soit l'observateur en même temps que l'analyseur. C'est ainsi que l'on pourrait faire tourner à la fois, dans un polarimètre, l'analyseur (prismatique) et la lunette d'observation, rendus solidaires l'un de l'autre, la lunette étant dirigée suivant un rayon du cercle gradué servant à la lecture des angles de rotation.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur les propriétés physiques du sérum sanguin et des protéines séparées de ce sérum par la méthode à l'acétone chez l'homme et chez quelques animaux à l'état normal.* Note de MM. **Charles Achard, Augustin Boutaric** et **Maurice Doladilhe.**

Dans une Note précédente [1] ont été exposées les premières applications à des sérums normaux et pathologiques d'un procédé permettant d'apprécier, par des mesures combinées de l'absorption lumineuse et de la viscosité, le nombre de particules colloïdales pour 1^g de protéines desséchées.

Mais, le sérum sanguin étant un liquide complexe où se trouvent en suspension des protéines et lipides de nature diverse, et en solution des substances organiques et minérales, les mesures physiques peuvent être dans certains cas gênées ou même impossibles. Aussi nous a-t-il semblé plus

---

[1] Ch. Achard et Aug. Boutaric, *Sur quelques propriétés physiques du sérum sanguin dans la néphrose lipoïdique* (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1611).

instructif d'envisager à part les seules protéines, et d'étudier ensuite l'influence des autres substances : lipides, électrolytes, extractif même, en les ajoutant à ces mêmes protéines sous un volume égal à celui du sérum dont elles provenaient.

M. Maurice Piettre a préparé les protéines par la méthode à l'acétone qu'il a imaginée avec Vila et qu'il a ensuite modifiée pour isoler la myxoprotéine ([1]). Toutes les séparations sauf une (sérum de cheval) ont été faites strictement à la température de 0°.

I. Un sérum d'*homme* normal a fourni les résultats suivants ([2]) :

	h.	$\frac{\eta}{\eta_0}$.	ω.
Sérum brut.			
Non chauffé	0,08	1,51	6,37
Après 1 heure de chauffage à 57°	0,09	1,60	6,66
» 63°	0,13	1,81	6,75
Protéines séparées à 0°.			
Non chauffées	0,13	1,77	5,92
Après 1 heure de chauffage à 57°	0,15	1,91	6
» 63°	0,20	2,14	5,70
Protéines additionnées des sels et de l'extractif aqueux.			
Non chauffées	0,32	1,77	2,40
Après 1 heure de chauffage à 57°	0,39	1,96	2,46
» 63°	0,48	2,29	2,69

Un second échantillon de ce même sérum nous a fourni des résultats analogues :

Sérum brut.			
Non chauffé	0,09	1,61	6,66
Après 1 heure de chauffage à 57°	0,11	1,70	6,37
» 63°	0,21	2,32	6,28

([1]) Maurice Piettre, *Archivos do Instituto Vital Brazil*. Rio de Janeiro, 1, 1922, p. 35, et 2, II, 1923, p. 47.

([2]) Comme dans les recherches précédemment rapportées, h représente l'absorption lumineuse, F la diffusion lumineuse, $\frac{\eta}{\eta_0}$ la viscosité et ω le nombre de granules colloïdaux correspondant à 1g de matière sèche.

Protéines séparées à 0°.

	h.	$\frac{\eta_1}{\eta_0}$.	ω.
Non chauffées	0,16	2,05	6,50
Après 1 heure de chauffage à 57°	0,18	2,13	6,29
» 63°	0,24	2,56	6,50

Protéines additionnées des sels et de l'extractif aqueux.

	h.	$\frac{\eta_1}{\eta_0}$.	ω.
Non chauffées	0,25	1,89	3,60
Après 1 heure de chauffage à 57°	0,29	2,18	4
» 63°	0,42	2,83	4,10

On voit que, pour les protéines séparées, les résultats sont très peu différents de ceux fournis par le sérum brut. Mais l'addition des sels et sans doute surtout de l'extractif a un peu augmenté la densité optique et diminué le nombre des granules.

II. Un sérum normal de cheval donnait :

	h.	F.	$\frac{\eta_1}{\eta_0}$.	ω.
A la température de 26°	0,13	5,83	2	7,60
Après 1 heure de chauffage à 50°	0,13	5,45	2	7,60
» 60°	0,20	5,22	2,50	7,50
» 64°	0,29	5,03	3,10	7,20

Les protéines séparées à une température insuffisamment basse et rapide ont montré une diminution sensible du nombre de granules, qui a pourtant augmenté par le chauffage :

A la température de 26°	0,29	5,18	2,3	4,50
Après 1 heure de chauffage à 50°	0,26	5,31	2,3	5
» 64°	0,28	4,93	2,8	6,40

Mais, en ajoutant à ces protéines les sels et l'extractif aqueux provenant de ce sérum, nous avons vu le nombre des granules se maintenir sensiblement constant :

A la température de 26°	0,24	5,17	2,4	5,83
Après 1 heure de chauffage à 50°	0,34	5,09	3,1	6,70
» 64°	0,39	4,91	3,28	5,84

Enfin nous avons mélangé aux protéines additionnées de sels les lipides extraits cependant à basse température de ce même sérum; mais l'opacité était telle que nous n'avons pas pu déterminer la densité optique, ni par conséquent calculer le quotient ω :

	F.	$\frac{\eta}{\eta_0}$.
A la température de 26°	4,2	2,40
Après 1 heure de chauffage à 50°	4,45	3,11
» 64°	4,35	3,32

III. Un sérum normal de *bœuf* a donné :

	h.	$\frac{\eta}{\eta_0}$.	ω.
A la température de 26°	0,140	2	7,14
Après 1 heure de chauffage à 57°	0,150	2,08	7,20
» 63°	0,185	2,33	7,13

Avec les protéines séparées en chambre froide, nous avons obtenu par le chauffage peu de changement dans la densité optique et la viscosité :

A la température de 26°	0,160	2,21	7,56
Après 1 heure de chauffage à 57°	0,165	2,24	7,51
» 63°	0,180	2,38	7,68

En y ajoutant les sels et l'extractif aqueux, nous avons vu le nombre des granules diminuer un peu par le chauffage :

A la température de 26°	0,160	1,90	5,62
Après 1 heure de chauffage à 57°	0,190	2	5,26
» 63°	0,260	2,30	5

IV. Un sérum normal de *porc*, resté légèrement trouble malgré une centrifugation prolongée à très grande vitesse, possédait une densité optique très supérieure aux précédentes, d'où un grand abaissement du quotient ω. Au contraire, les protéines de ce même sérum se comportaient comme le sérum de bœuf ou ses protéines isolées :

Sérum brut.

	h.	$\frac{\eta}{\eta_0}$.	ω.
A la température de 26°	0,61	1,68	1,11
Après 1 heure de chauffage à 57°	0,45	1,76	1,68
» 63°	0,42	1,80	1,90

Protéines séparées à 0°.

A la température de 26°	0,15	1,94	6,26
Après 1 heure de chauffage à 57°	0,18	2,40	7,77
» 63°	0,21	2,72	8,19

Protéines additionnées des sels et de l'extractif.

A la température de 26°	0,16	1,53	3,31
Après 1 heure de chauffage à 57°	0,17	1,90	5,29
» 63°	0,19	2,26	6,67

Cette expérience montre le grand avantage qu'il peut y avoir, dans certains cas où l'étude du sérum est difficile pour des raisons encore indéterminées, à opérer sur *les protéines séparées*.

V. Enfin nous avons appliqué la même technique à des suspensions préparées en séparant du sérum de bœuf chacune des trois protéines et en les remettant dans le volume initial d'eau distillée (sérum-albumine), d'eau alcaline NaOH $\frac{N}{100}$ (sérum-globuline) et d'eau salée à 0,85 pour 100 NaCl (myxoprotéine). Les proportions de ces substances étaient les suivantes pour 1000 de sérum :

Sérum-albumine	36,6
Sérum-globuline	18,3
Myxoprotéine	6,8

Voici les déterminations physiques obtenues :

Sérum-albumine.

A la température de 26°	0,04	1,2	5
Après 1 heure de chauffage à 50°	1,45	1,2	0,13 (début de floculation)
» 57°	floculé	1,2	floculé

Sérum-globuline.

A la température de 26°	0,15	1,46	3,06
Après 1 heure de chauffage à 50°	0,27	1,46	1,70
» 57°	0,29	1,46	1,58

Myxoprotéine.

A la température de 26°	0,06	1,02	0,33
Après 1 heure de chauffage à 50°	0,20	1,02	0,10
» 57°	0,23	1,02	0,087

Il est intéressant de constater que, pour chacune des trois protéines examinées isolément, la viscosité ne change pas aux différentes températures. Quant à la densité optique, elle change peu pour la globuline, mais elle augmente nettement pour la myxoprotéine et très considérablement pour la sérum-albumine qui, d'ailleurs, commence à floculer dès 48-50°.

Les particules ne s'hydratent donc pas, mais grossissent par accolement mutuel en diminuant de nombre, comme en témoigne le quotient ω.

Conclusions. — Ces recherches montrent que les suspensions colloïdales constituées en diluant dans un égal volume d'eau les protéines séparées d'un sérum, possèdent une densité optique et une viscosité pratiquement identiques à celles que fournit le sérum brut.

Le nombre de granules par gramme de protéine séchée paraît être sensiblement le même pour les sérums normaux de différentes espèces animales, au voisinage de 7.

Il paraît légitime d'admettre que les *protéines séparées du sérum par la méthode à l'acétone ne sont pas altérées, et cela d'autant moins qu'on opère leur isolement à plus basse température*. Elles conservent notamment leur faculté d'hydratation. C'est là désormais une base solide pour l'étude physique des sérums normaux et pathologiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le principe actif du guarana.*
Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **P. de Berredo Carneiro.**

La pâte desséchée des graines de *Paullinia cupana* H. B. et K. (famille des Sapindacées), connue sous le nom de guarana, est employée depuis des temps immémoriaux dans les régions équatoriales de l'Amérique du Sud en raison de ses propriétés stimulantes et toniques. Au moment de s'en servir, on râpe un peu de cette drogue, devenue très dure, et on absorbe la poudre avec de l'eau. L'usage du guarana s'est beaucoup développé et sa fabrication est devenue depuis peu industrielle au Brésil.

La composition chimique du guarana a été étudiée à plusieurs reprises. Th. Martius en a retiré un principe cristallisé en 1826 et lui a donné le nom de guarinine ([1]). Ce principe a été identifié plus tard à la théine ou caféine par Berthemot et Dechastelus ([2]) et par Th. Martius lui-même ([3]).

En 1890 et 1892 Schär ([4]), puis Thoms ([5]) ont annoncé en outre la présence d'un alcaloïde donnant certaines réactions colorées de la morphine. Enfin, il y a une vingtaine d'années, pendant que Goris et Flutaux ([6]) retiraient du guarana une combinaison de tanin et de caféine, Nierenstein ([7]) affirmait que le principe actif n'était ni de la caféine, ni de la théobromine ou une substance analogue, mais une base nouvelle, de composition

([1]) Kastners, *Arch. für die gesamte Naturkunde*, 7, 1826, p. 266

([2]) *Journ. Pharm.*, 2e série, 26, 1840, p. 516.

([3]) Buchners, *Repert. f. d. Pharm.*, 72, 1840, p. 192, et *Ann. d. Chem. Pharm.*, 36, 1840, p. 93.

([4]) *Arch. d. Pharm.*, 228, 1890, p. 257.

([5]) *Phar. Centralb.*, 13, 1892, p. 433.

([6]) *Bull. Soc. pharm.*, 17, 1910, p. 599.

([7]) *Annals of tropic. Medic. and Parasit.* (Univ. Liverpool), série T. M., 4, 1910, p. 115.

$C^{40}H^{47}O^{21}N^{4}$ et de propriétés tout à fait différentes, qu'il a appelée β-guarinine [1].

Ayant eu l'occasion de disposer de plus d'une dizaine d'échantillons authentiques de pâte indigène et de pâte industrielle, nous les avons examinés avec soin pour savoir s'ils renfermaient ordinairement de la caféine et, au moins parfois, une des substances signalées par Schär, Thoms et Nierenstein.

Nous avons d'abord appliqué, à 10^{g} de chacun des échantillons de pâte finement moulue, la méthode d'extraction et de dosage de la caféine proposée autrefois par l'un de nous [2]. Nous avons constaté ainsi que tous les échantillons renfermaient une forte proportion de caféine. Cette proportion était peu variable d'un échantillon à l'autre. Dans le produit indigène, elle était en moyenne de 48^{g} par kilogramme à 0,25 pour 100 en plus ou en moins. Dans le produit industriel, chargé d'un peu d'amidon, elle était encore de 42^{g} en moyenne, avec des écarts de 0,3 pour 100 au plus.

La substance extraite de tous ces dosages avait l'aspect cristallisé de la caféine anhydre et fondait, au bloc Maquenne, à 2° ou 3° seulement au-dessous du point de fusion +236° de la caféine pure. Il était probable, d'après cela, qu'elle ne renfermait que des traces de substances étrangères. Pour savoir exactement à quoi nous en tenir à ce sujet, nous avons traité un fort échantillon (250^{g}) de pâte indigène et nous avons soumis la caféine extraite à un fractionnement méthodique avec de l'eau distillée [3].

Dès la deuxième fraction et jusqu'à la sixième et dernière, le coefficient de solubilité et le point de fusion ont été constants et identiques à ceux de la caféine pure (coefficient de solubilité $1^{g},68$ pour 100^{cm^3} d'eau à +20°; point de fusion, 235°-236°) [4].

La première fraction, qui renfermait les quelques impuretés entraînées par le chloroforme au moment de l'extraction de la caféine, différait très peu de cette dernière : coefficient de solubilité $1^{g},70$ dans 100^{cm^3} d'eau à +20°, point de fusion +230°. Il a suffi d'un seul passage à l'état de silicotungstate [5] pour obtenir, presque sans perte, de la caféine tout à fait pure.

---

(1) Par erreur, Nierenstein désignait la guaranine sous le nom de *guarinine*.

(2) Gab. Bertrand, *Bull. Soc. Pharm.*, 17, 1910, p. 249.

(3) Les détails seront donnés dans un prochain Mémoire.

(4) Il restait encore une petite quantité de caféine non dissoute, insuffisante pour prendre la solubilité.

(5) D'après Gab. Bertrand, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, 25, 1901, p. 379.

Le principe cristallisé, extrait du guarana par la méthode sus-indiquée, était donc formé de caféine et, à des traces près d'impuretés non basiques, uniquement de caféine.

Nous avons ensuite appliqué la méthode de Stas-Otto, employée par Schär et par Thoms, en opérant sur 100^g de poudre fine. Nous n'avons pas trouvé dans le produit d'évaporation de l'éther l'alcaloïde analogue à la morphine signalé, mais non isolé, par Schär et par Thoms. Nous y avons trouvé seulement de la caféine souillée de matières tanniques, mais pas de vrai alcaloïde. Ce sont les réactions colorées phénoliques, communes à la morphine et aux matières tanniques, qui avaient fait croire à la présence d'une nouvelle base.

Enfin nous avons repris le travail de Nierenstein en suivant la technique de l'auteur. Comme celui-ci, nous avons obtenu des cristaux colorés. Nous avons soumis ces cristaux à plusieurs essais de purification, par sublimation, par cristallisation dans l'eau et dans l'alcool, par passage à l'état de silicotungstate. Nous sommes arrivés par ces trois procédés à une même substance cristallisée en fines aiguilles blanches, fondant à 235-236°, ayant toutes les propriétés de la caféine. C'est évidemment parce qu'il a analysé les cristaux colorés sans les avoir soumis, comme on peut s'en rendre compte à la lecture de son rapport, à aucune purification préalable, que Nierenstein a supposé l'existence de la β-guarinine. Celle-ci n'existe pas plus que l'alcaloïde de Schär et de Thoms.

Il n'y a donc, en résumé, dans la pâte de guarana, que de la caféine.

STROBOSCOPIE. — *Sur quelques formes nouvelles de la méthode d'enregistrement et d'observation des écarts angulaires des machines à explosions.* Note (¹) de M. **André Blondel.**

Dans la méthode stroboscopique d'étude des écarts angulaires des machines tournantes que j'ai décrite antérieurement (²), on produit l'éclairement périodique d'une fente étroite fixe au moyen d'étincelles provoquées

(¹) Séance du 20 juillet 1931.

(²) Cf. *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 329, et, pour plus de détails, la *Technique moderne*, juillet et août 1920, p. 290 et 323. On y trouve la première réalisation d'un dispositif antérieur au stroborama de MM. A. et L. Séguin (mais utilisant les étincelles éclairantes entre pointes de magnésium), et des courbes de vitesse inscrites par ce procédé.

par un interrupteur tournant à jet de mercure et l'on observe le balancement d'un point lumineux découpé sur cette fente par une série de fentes radiales équidistantes découpées dans un disque calé sur l'arbre de la machine étudiée : ces fentes rectilignes peuvent être remplacées par des développantes de corde.

Les étincelles éclairaient la fente fixe au moyen d'une lentille cylindrique à génératrices parallèles à cette dernière. On pouvait synchroniser les étincelles sur une fréquence multiple du nombre de tours de l'arbre par seconde, en solidarisant l'arbre de l'interrupteur tournant avec un moteur synchrone entraîné par un petit alternateur calé sur l'arbre de la machine étudiée, ou avec un volant entraîné par ledit arbre au moyen d'un accouplement très flexible (cf. *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1144).

On enregistrait sur le film d'un dérouleur de mes oscillographes l'image du point lumineux oscillant produite par un objectif photographique ordinaire.

Pour éviter tout risque d'oscillations pendulaires du moteur synchrone dans l'étude des vibrations des arbres, les étincelles ont été remplacées par des éclats lumineux produits au moyen d'un arc électrique et d'un second disque à fentes radiales entraîné par l'arbre de la machine. Ce dispositif a été utilisé pour l'étude des vibrations tournantes des arbres des moteurs à explosion dans une étude exécutée en collaboration avec M. Henri Harlé et présentée à l'Académie il y a quelques années (1).

Dans ce qui suit on montrera comment les progrès réalisés depuis cette époque dans la construction des lampes au néon pour la radiovision permettent de les substituer plus simplement aux étincelles éclairantes, au lieu de l'arc électrique (2).

Si l'on conserve le même disque à fentes comme récepteur, il suffit de placer une lampe au néon (pur ou mélangé d'un gaz plus éclairant ou de vapeur de mercure) à ampoule cylindrique derrière la fente tangentielle fixe.

1° Si l'on veut enregistrer des variations de vitesse de grande amplitude d'un moteur ou des vibrations tournantes d'un rotor, on peut provoquer

(1) A. Blondel et H. Harlé, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1442.

(2) On peut d'ailleurs aussi conserver l'arc électrique comme source de lumière puissante et observer le disque tournant fixé sur l'arbre (ou tout autre objet à déplacement périodique) à travers une cellule de Kerr, excitée par l'intermédiaire de l'interrupteur tournant. C'est encore là une application des procédés de la radiovision.

les décharges dans la lampe au néon par l'interrupteur autonome à mercure, dont on règle la vitesse comme je l'ai expliqué en 1920 de façon que les courbes obtenues aient une amplitude convenable (1).

2° S'il s'agit d'enregistrer les vibrations tournantes entre deux extrémités d'un arbre, on doit multiplier beaucoup le nombre des éclairs lumineux (la distance entre deux fentes radiales est de 2 à 4^{cm}), et pour cela les provoquer par un éclateur tournant fixé sur l'autre bout de l'arbre à étudier ou d'un volant entraîné à vitesse uniforme, soit par accouplement élastique avec l'arbre, soit par un petit moteur autonome, si l'on accepte que l'axe des courbes soit plus ou moins oblique.

Cet éclateur peut comporter par exemple un disque métallique portant à sa périphérie 48 pointes (ou en général un multiple du nombre des cylindres du moteur) tournant devant une seule pointe fixe portée par un bras existant orientable autour du palier de l'arbre.

Cet éclateur tournant peut être utilisé pour produire périodiquement la charge sous une tension élevée d'un petit condensateur relié à la lampe au néon, au moyen d'un condensateur réservoir comme dans l'ultracinématographe de MM. L. et A. Séguin et Labarte (2).

Il peut être remplacé plus simplement par un interrupteur tournant provoquant, par une bobine d'induction et un condensateur de liaison, une étincelle dans une coupure ménagée sur le circuit de décharge du condensateur sur la lampe au néon; le retard de phase de la décharge étant constant ne modifie pas la courbe.

3° Si, au lieu de photographier les courbes d'oscillation, on veut se contenter de les *observer* en les projetant sur un verre dépoli au moyen d'un miroir tournant ou oscillant synchronisé (comme dans nos oscillographes), on peut se contenter de décharger à tension bien plus faible (100 à 500^{v}) un condensateur (chargé constamment par une dynamo ou une batterie ou un kénotron, et à travers une bobine d'impédance) dans la lampe au néon par un interrupteur tournant portant même nombre de contacts très étroits ou par un circuit comprenant l'espace filament-plaque d'une lampe triode

(1) On pourrait éventuellement remplacer l'interrupteur tournant par un condensateur réservoir, rechargé constamment et alimentant par une impédance réglable un petit condensateur, se déchargeant par une étincelle ou une lampe au néon. J'ai décrit en 1907 un dispositif de ce genre pour l'entretien des étincelles d'un émetteur de TSF à étincelles musicales (*Revue électrique*, 8, 1907, p. 75). Von Lepel en a indiqué ensuite un analogue.

(2) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 19.

de faible résistance intérieure, dont la grille est excitée périodiquement par un interrupteur ou par une lampe photo-électrique, remplaçant l'éclateur ou l'interrupteur du montage précédent.

Pour cela, il suffit de placer sur le bout libre de l'arbre étudié (ou de l'hélice, s'il s'agit d'un moteur d'avion) un disque émetteur à fentes radiales semblable au disque récepteur et tournant entre une lampe à incandescence et une fente radiale fixe éclairant la lampe photo-électrique (1).

Les fentes mobiles doivent être éclairées par une lampe à incandescence, et on peut entourer cette lampe et la lampe photo-électrique d'une portion de carter opaque éliminant presque toute la lumière du jour.

4° Cette application nouvelle des méthodes de la radiovision peut être poussée encore plus loin, par suppression du miroir tournant synchronisé en remplaçant la lampe au néon tubulaire par une lampe au néon de radiovision de forme plate, donnant un champ lumineux rectangulaire de 5 ou 6^{cm}, et le disque à fentes par un disque Nipkor à trous (disposés comme on le sait sur une spirale, en nombre égal au nombre des fentes radiales du disque émetteur). Un observateur peut alors voir directement une courbe pointillée brillante sur fond noir (2).

Une telle courbe, étant fixe dans l'espace, peut être photographiée avec un appareil photographique ordinaire, puisque rien ne limite le temps de pose.

5° Rien n'empêche d'ailleurs de la rendre assez brillante pour la photographie instantanée en excitant la même lampe plate au néon (ou à gaz plus brillant) sous une tension plus élevée par le moyen de l'éclateur tournant indiqué plus haut (2°). On a alors l'inconvénient d'utiliser des tensions plus dangereuses et il faut charger le condensateur réservoir par kénotrons, et, avec une impédance en circuit, pour limiter la tension et le courant au cas de court circuit.

---

(1) Les nouvelles lampes photo-électriques Lange sans ampoule sont particulièrement appropriées à une telle application parce qu'elles peuvent être fixées très facilement derrière la fente fixe.

(2) On peut, par exemple, prendre des disques de 40^{cm} de diamètre extérieur portant, l'un 36 (ou 48) fentes de $0^{mm},5$ à 1^{mm} de largeur, l'autre 36 (ou 48) trous de $0^{mm},5$ ou 1^{mm} de diamètre, répartis à des intervalles angulaires de 10° (ou de 7°30') sur une spirale, à des distances au centre du disque décroissant de $0^{mm},75$ d'un tour au suivant. La courbe oscille alors autour d'un axe radial de 27 à 48^{mm} de longueur suivant le choix. Il est en général sans inconvénient que l'observateur voie deux courbes parallèles, à moins que les oscillations soient très grandes.

En résumé, la méthode stroboscopique d'étude des oscillations de vitesse et des vibrations des arbres par disque tournant et étincelles synchronisées, que j'ai réalisée précédemment, se prête à des applications plus faciles, grâce à l'emploi d'une lampe réceptrice de radiovision excitée soit par un éclateur tournant, soit par un disque tournant devant une lampe photo-électrique.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de l'Ordovicien dans l'Anti-Atlas marocain.* Note (¹) de MM. **A. Bigot** et **J. Dubois.**

Le Djebel Tachilla et le Djebel Ouarzemine qui le prolonge au Sud sont formés, comme l'a indiqué Jacques Bourcart (²) par un synclinal perché de direction N 20°E, long d'une trentaine de kilomètres, et d'une largeur de 1000 à 2000^m.

Dans le Djebel Tachilla, les couches plongent vers l'Ouest d'une vingtaine de degrés; les assises du flanc ouest du synclinal sont cachées par les dépôts de la plaine du Sous, mais on les observe nettement, plus au Sud, dans le Djebel Ouarzemine, et en particulier dans la coupure de l'Oued Massa où les pendages sont plus accusés.

Le versant est du Djebel Tachilla, vers l'extrémité nord de ce massif, est formé par des alternances de quartzites blancs ou rosés, de schistes micacés blancs ou gris, verts ou rosés, auxquels sont associés plusieurs niveaux de minerai de fer oolithique. L'épaisseur de cette série est d'environ 350^m. Elle paraît reposer, *en concordance*, sur une série puissante de schistes verts.

L'un de nous (J. Dubois), qui a étudié la série de schistes et quartzites alternants du Djebel Tachilla, a recueilli vers la base un *Acidaspis Buchi* Barrande dont l'état de conservation exceptionnel ne permet pas de méprise sur sa détermination. La roche est un schiste argileux tendre, un peu micacé, gris rosé, qui a conservé l'empreinte et la contre-empreinte du Trilobite. L'individu appartient à la variété large signalée et figurée par Barrande (³); la tête a conservé ses joues mobiles et ses longues pointes génales; les plèvres du thorax ont conservé leurs longues épines; le pygidium manque.

Acidaspis Buchi se trouve en Bohême dans toute la hauteur de l'étage D,

(¹) Séance du 27 juillet 1931.

(²) *C. R. séances Soc. géol. Fr.*, 16 mars 1931, p. 71.

(³) *Système silurien du Centre de la Bohême*, 1, 1852, p. 716, pl. 36, fig. 8.

mais est surtout abondant dans les schistes micacés supérieurs aux quartzites des Monts Drabow. Dans le Massif armoricain on connaît cette espèce dans les schistes à *Calymene Tristani* de Mortain, de l'Ille-et-Vilaine et du Finistère. D'après Dereims (¹) elle existe aussi dans les schistes de Murero (sud de l'Aragon). C'est une espèce cantonnée dans l'Ordovicien.

La présence de ce Trilobite établit l'existence de l'Ordovicien dans l'Anti-Atlas marocain et remet en question l'âge des grès du Tazeroualt, classés dans l'Algonkien, ainsi que les rapports de ces formations gréseuses avec le Cambrien à *Archæocyathus* et à *Conocoryphe*.

L'Ordovicien a été signalé par Édouard Roch (²) dans le Haut-Atlas. La présence de *Placoparia* cf. *Zippei* Barrande dans les schistes de Tagoditch du bord du Haut-Atlas, rapprochée de celle de l'*Acidaspis Buchi* dans l'Anti-Atlas, fait prévoir que la faune ordovicienne du Maroc prolongeait celle de la Péninsule Ibérique et du Massif armoricain.

M. G. **Bigourdan** présente une Note qu'il vient de publier et qui a pour titre : *La grande lunette de l'Observatoire*, 1792-1796. Cette brochure donne l'historique de l'essai que tenta l'ancienne Académie des Sciences en 1792 et que le Directoire continua, sans d'ailleurs réussir. Mais le platine qu'on avait, servit à réaliser les étalons primitifs du Système métrique.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Gouvernement général de Madagascar. *Exposition coloniale internationale* 1931, *Madagascar*.

2° *Faune de France*. 22. *Mollusques terrestres et fluviatiles* (deuxième partie), par Louis Germain. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

(¹) *Recherches géologiques dans le sud de l'Aragon*, 1898, p. 42 et 45.

(²) *Études géologiques dans le Maroc occidental*, 1930, p. 137.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la relation réciproque entre deux systèmes en involution d'équations linéaires.* Note [1] de M. G. **Pfeiffer**, transmise par M. Élie Cartan.

Prenons deux systèmes en involution (A), (B) sous forme normale

$$(1)\quad (A)\quad \begin{cases} G_j(f) = \dfrac{\partial f}{\partial x_j} + \displaystyle\sum_{\tau=1}^{\mu} a_\tau^j \dfrac{\partial f}{\partial z_\tau} + \sum_{h=1}^{\nu} c_h^j \dfrac{\partial f}{\partial u_h} = 0 & (j = 1, 2, \ldots, i), \\ Y_\sigma(f) = \dfrac{\partial f}{\partial y_\sigma} + \displaystyle\sum_{\tau=1}^{\mu} b_\tau^\sigma \dfrac{\partial f}{\partial z_\tau} + \sum_{\tau=1}^{\nu} d_h^\sigma \dfrac{\partial f}{\partial u_h} = 0 & (\sigma = 1, 2, \ldots, \lambda). \end{cases}$$

et

$$(2)\quad (B)\quad \begin{cases} H_j(f) = \dfrac{\partial f}{\partial x_j} + \displaystyle\sum_{\sigma=1}^{\lambda} \alpha_\sigma^j \dfrac{\partial f}{\partial y_\sigma} + \sum_{h=1}^{\nu} \gamma_h^j \dfrac{\partial f}{\partial u_h} = 0 & (j = 1, 2, \ldots, i), \\ Z_\tau(f) = \dfrac{\partial f}{\partial z_\tau} + \displaystyle\sum_{\sigma=1}^{\lambda} \beta_\sigma^\tau \dfrac{\partial f}{\partial y_\sigma} + \sum_{h=1}^{\nu} \delta_h^\tau \dfrac{\partial f}{\partial u_h} = 0 & (\tau = 1, 2, \ldots, \mu). \end{cases}$$

Il leur correspond les systèmes complètement intégrables (C), (D) aux différentielles totales

$$(3)\quad (C)\quad \begin{cases} dz_\tau = \displaystyle\sum_{j=1}^{i} a_\tau^j \, dx_j + \sum_{\sigma=1}^{\lambda} b_\tau^\sigma \, dy_\sigma & (\tau = 1, 2, \ldots, \mu), \\ du_h = \displaystyle\sum_{j=1}^{i} c_h^j \, dx_j + \sum_{\sigma=1}^{\lambda} d_h^\sigma \, dy_\sigma & (h = 1, 2, \ldots, \nu), \end{cases}$$

et

$$(4)\quad (D)\quad \begin{cases} dy_\sigma = \displaystyle\sum_{j=1}^{i} \alpha_\sigma^j \, dx_j + \sum_{\tau=1}^{\mu} \beta_\sigma^\tau \, dz_\tau & (\sigma = 1, 2, \ldots, \lambda), \\ du_h = \displaystyle\sum_{j=1}^{i} \gamma_h^j \, dx_j + \sum_{\tau=1}^{\mu} \delta_h^\tau \, dz_\tau & (h = 1, 2, \ldots, \nu). \end{cases}$$

Au système d'équations linéaires, qu'on obtient en unissant les équations (1), (2), donnons le nom de système (S); le système d'équations aux

---

[1] Séance du 27 juillet 1931.

différentielles totales, présentant la réunion des équations (3), (4) sera nommé système (T).

Le dernier est complètement intégrable.

Si le rang de la matrice, construite avec les coefficients des équations linéaires

$$(5)\quad (E)\quad \begin{cases} X_j(f) = G_j(f) - H_j(f) = 0 & (j = 1, 2, \ldots, i), \\ Y_\sigma(f) = 0 & (\sigma = 1, 2, \ldots, \lambda), \\ Z_\tau(f) = 0 & (\tau = 1, 2, \ldots, \mu) \end{cases}$$

est désigné par k

$$k \leqq i + \lambda + \mu, \qquad k \leqq \lambda + \mu + \nu,$$

alors, dans le système (S), il y a $k + i$ équations indépendantes; dans le système (T), il y en a $-k + \nu$.

Outre les indépendantes on a dans le système (S) $i + \lambda + \mu - k$ équations, et dans le système (T), $-\lambda + \mu + \nu - k$.

Quand $\lambda + \mu + \nu$ est plus grand que k :

$$(7)\qquad \lambda + \mu + \nu - k = \rho > 0, \qquad \rho \neq 0,$$

ρ des équations du système (T) sont des conséquences des autres; les équations du système (S) possèdent ρ intégrales communes indépendantes, qui définissent entièrement les $k + i$ équations indépendantes du système (S).

Sous la condition (7), les équations indépendantes du système (S), dont le nombre est $k + i$, forment un système complet.

En conséquence de tout ce qui a été dit, nous avons le théorème :

Soient donnés deux systèmes en involution (A), (B) *d'équations linéaires sous forme normale. Au système d'équations, qu'on obtient en unissant les équations* (A), (B), *donnons le nom de système* (S); *soit k le rang de la matrice des équations* (E). Si

$$\lambda + \mu + \nu > k,$$

alors le système d'équations, formé des équations indépendantes du système (S), *est complet.*

ÉLECTRONIQUE. — *Sur la vibration propre des gaz ionisés.* Note [1] de M. **Jean Placinteanu.**

En considérant les gaz ionisés comme un plasma dans lequel se meuvent des ions et des électrons, divers auteurs ont calculé la période propre de vibration de l'ensemble.

Le but de cette Note est de montrer que l'hypothèse de M. J. J. Thomson [2] est équivalente à la considération d'une couche double qui supporte des systèmes ion-électron et qui doit vibrer comme un ensemble fermé. Alors, soit par un calcul élémentaire, soit en faisant intervenir la oi de Coulomb, soit en considérant simplement le gaz comme un conducteur électrique, dans tous ces cas, le résultat est la formule de M. J. J. Thomson, $\nu = \left(\frac{e^2 N}{\pi m}\right)^{\frac{1}{2}}$. Dans le cas du modèle mécanique de M. Th. Jonescu [3], on parvient à des résultats différents : une correction, par un facteur constant de la formule de M. Thomson, la possibilité de désionisation progressive et l'apparition d'une deuxième fréquence.

1. Si l'on imagine une couche double de potentiel $4\pi i$ où $i = -e\Delta r$ est le moment électrique, et si N est le nombre des électrons qui occupent la couche double, on trouve, comme l'on sait, la formule de M. J. J. Thomson.

2. On peut obtenir le même résultat en faisant intervenir la loi de Coulomb. Soient des bipôles de moment — *el* distribués normalement sur une couche sphérique de rayon R. La double couche ainsi formée aura le potentiel $\int \frac{i\,d\sigma}{r^2}$ (l'intégration est à effectuer sur la surface de la sphère considérée). Le champ sera alors égal à $-\frac{4\pi l R^2 e}{r^2}$ et l'équation du mouvement prendra la forme

$$m\ddot{\bar{r}} + \frac{4\pi e^2 l R^2}{r^3}\bar{r} = 0$$

qui donne un mouvement keplérien provoqué par une force $\frac{\mu}{r^2}$. La troisième loi de Kepler $\mu = \frac{4\pi^2 a^3}{\tau^2}$, où a est le demi-grand axe de l'ellipse et τ la

(1) Séance du 27 juillet 1931.

(2) *Phil. Mag.*, 6, 1928, p. 1254; 11, 1931, p. 697.

(3) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 928.

période, donne, si l'on fait $lR^2 = Na^3$, le résultat même de M. J. J. Thomson.

3. Assimilons maintenant le gaz ionisé à un conducteur de capacité C, de self-induction L et de résistance négligeable. Pour l'unité de longueur de conducteur, M. Jonescu trouve $L = \frac{m}{e^2 N}$. De la même manière on peut calculer la capacité C. En fait l'énergie d'un condensateur est $\frac{1}{2}C\varphi^2$ où le potentiel $\varphi = \int E_l\, dl = lE_l = E_l$, le champ électrique étant supposé uniforme. Mais la densité d'énergie d'un champ $\overline{E}$ est $\frac{1}{8\pi}E^2$. En égalant les deux expressions de l'énergie on aura

$$\frac{1}{2}CE^2 = \frac{1}{8\pi}E^2, \qquad \text{d'où} \qquad C = \frac{1}{4\pi}.$$

En portant les valeurs ainsi trouvées de L et C dans la relation de W. Thomson $\nu = \frac{1}{2\pi}(LC)^{-\frac{1}{2}}$, on retrouve de nouveau la formule de M. J. J. Thomson. De plus, une onde électromagnétique ayant la vitesse $(LC)^{-\frac{1}{2}}$, on obtient, d'accord avec M. Jonescu, pour cette vitesse la valeur $\left(\frac{4\pi e^2 N}{m}\right)^{\frac{1}{2}}$.

De ces considérations on tire la conclusion que l'hypothèse d'une couche double, sans permettre la conception d'un modèle pour le système ion-électron, conserve toutefois la possibilité de concevoir l'ensemble du gaz ionisé en vibration comme un tout unitaire et limité. Il n'est donc pas permis d'attribuer au gaz un volume infini, car alors la fréquence n'aurait plus un sens précis. Ces idées ont conduit M. Jonescu (¹) à imaginer un modèle mécanique pour le système ion-électron, modèle qui aurait une vibration propre et qui pourrait se répéter indéfiniment. Mais dans ses calculs M. Jonescu ignore l'instabilité du modèle et l'existence d'une deuxième fréquence.

4. D'après ce modèle on considère l'électron en mouvement, attiré par deux centres positifs. C'est le problème connu des deux centres (²). Le mouvement dans le plan perpendiculaire au milieu de la droite qui réunit les deux centres est *instable* (³). Mais, si l'instabilité est inadmissible dans le

---

(¹) Communication verbale.

(²) Voir par exemple C. L. CHARLIER, *Die Mechanik des Himmels* I, 2te Auflage, Kap. 3.

(³) W. PAULI, *Annalen der Physik*, 68, 1922, p. 177.

cas d'un modèle d'atome ou de molécule neutre, pour les gaz ionisés elle est plausible. En réalité ce fait peut permettre une explication du phénomène de désionisation progressive qui doit avoir lieu dans un tube.

J'ai calculé le mouvement dans le cas particulier du modèle précédent des quatre périodes possibles ([1]); en faisant les constantes d'intégration égales à zéro, il reste

$$\tau_1 = \int_c^\infty \frac{\lambda^2 d\lambda}{2\sqrt{k}\sqrt{\lambda(\lambda^2 - c^2)}} \quad \text{et} \quad \tau_2 = \int_c^\infty \frac{d\lambda}{2\sqrt{k}\sqrt{\lambda(\lambda^2 - c^2)}},$$

où λ est une coordonnée elliptique, $2c$ la distance des deux centres et k la constante de la fonction des forces $\frac{k}{r}$. La limite supérieure est théorique. Le modèle attribue à l'électron une oscillation d'amplitudes finies et petites.

Une intégration partielle donne $3\tau_1 = c^2\tau_2$, ce qui prouve que le mouvement est périodique ([2]). En développant $R(\lambda)$ en série, on trouve

$$\sqrt{k}\,\tau_1 = \frac{2}{3} c^{\frac{3}{2}},$$

où $k = \frac{e^2}{m}$ et $\frac{4\pi c^3}{3} N = 1$, N étant le nombre des électrons sur la sphère de rayon c. Cette substitution me paraît plus indiquée, car la substitution $8c^3 N = 1$ fait penser tout de suite à un réseau négatif emboîté dans un réseau positif et vibrant par rapport à celui-ci. Mais alors le mouvement sera plus compliqué et ne pourra pas être réduit au modèle précédent. Soit encore ε la fraction des nombres des électrons qui vibrent sous l'action du champ. On trouve $\nu = \left(\frac{3\varepsilon e^2 N}{\pi m}\right)^{\frac{1}{2}}$, ce qui corrige encore mieux la formule de M. J. J. Thomson.

Ce qui est intéressant, c'est l'existence d'une deuxième fréquence dont la valeur est $\nu' = \frac{e^2}{2\pi}\left(\frac{3m}{4\pi N}\right)^{\frac{1}{6}}$, donc très petite par rapport à la première et qu'il n'est pas encore possible d'expliquer.

([1]) *Loc. cit.*, p. 119.
([2]) *Loc. cit.*, p. 120.

OPTIQUE. — *L'effet Raman dans un cristal de nitrate de sodium.* Note ([1]) de MM. **J. Cabannes** et **E. Canals**, transmise par M. Ch. Fabry.

D'après Schæfer et ses collaborateurs ([2]) les trois raies 712, 1087 et 1437 cm^{-1} que donnent les ions CO^3 d'un cristal de calcite seraient dans le même état de polarisation pour toutes les orientations du cristal. Pour confirmer ce résultat ces auteurs étudièrent le nitrate de sodium (dont la structure cristalline est identique à celle de la calcite), et ils trouvèrent que les raies des ions NO^3 730, 1074 et 1391 cm^{-1}, qui correspondent aux précédentes, se comportent aussi de la même manière toutes les trois.

Or ces résultats sont en désaccord avec ceux des expériences primitives faites par l'un de nous sur la calcite en 1929 et reprises tout récemment en collaboration avec M[lle] D. Osborne ([3]). Il était donc nécessaire de reprendre aussi l'étude du nitrate de sodium. Là encore nous avons pu vérifier l'inexactitude des résultats de Schæfer : dans le nitrate de sodium la vibration inactive 1074 diffère des vibrations actives normales à l'axe ternaire 730 et 1391 exactement comme dans la calcite la vibration inactive 1087 diffère des vibrations actives normales à l'axe 712 et 1437. Au point de vue de la polarisation l'analogie des deux spectres de diffusion de la calcite et du nitrate de sodium est tout à fait remarquable.

I. Pour entreprendre l'étude du nitrate de sodium, il nous a fallu d'abord préparer des cristaux purs et non maclés.

Nous y sommes arrivés assez facilement par fusion d'un sel chimiquement pur dans un creuset de platine, suivie d'un refroidissement lent d'après la méthode de Stöber ([4]). Le creuset est installé entre deux disques épais de cuivre rouge; on chauffe uniformément le disque supérieur à l'aide d'une résistance électrique placée au-dessus de lui; le tout est plongé dans une enceinte imperméable à la chaleur. Au moment où le sel vient de fondre,

([1]) Séance du 27 juillet 1931.

([2]) Cl. Schæfer, F. Matossi et H. Aderhold, *Zeitschrift für Physik*, 65, 1930, p. 323.

([3]) J. Cabannes et D. Osborne, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 156. Dans cette Note, page 158, ligne 7, au-dessous de : Raies 712 et 1437, lire : $\rho = 1$ et non pas $\rho = 0$.

([4]) F. Stöber, *Zeitschrift für Kristallographie*, 65, 1925, p. 312.

il existe entre les deux disques, placés à 15^cm l'un de l'autre, une différence de température de 40°. On diminue très lentement le courant dans la résistance de chauffage, et le sel cristallise par le bas. Nous avons pu obtenir ainsi un cristal unique, parfaitement limpide, sans fluorescence, d'une dizaine de centimètres cubes, emplissant tout le creuset de platine. Une des faces de clivage coïncidait avec le fond du creuset.

II. Nous avons ensuite mesuré les raies négatives du nitrate de sodium en nombres d'ondes par centimètre dans l'air :

	Fréquences externes.		Fréquences internes fondamentales.			Fréquences internes de combinaison.
NO^3Na	103,1	190,1	730,4	1074,2	1391,4	1678,5
CO^3Ca	157,4	283,8	712,1	1087,3	1436,6	1752,0

Des deux raies 720 et 1400 (qui correspondent aux vibrations actives dans le plan normal à l'axe ternaire), la première est plus intense dans CO^3Ca ; la seconde, dans NO^3Na.

III. Nous avons enfin étudié l'état de polarisation des raies Raman, l'axe ternaire du cristal étant perpendiculaire au plan des deux rayons incident et diffusé. Deux photographies ont été prises avec le même temps de pose après interposition d'un nicol sur le faisceau diffusé : la section principale du nicol était d'abord parallèle, puis perpendiculaire à l'axe du cristal. Pour éviter toute erreur par suite de la polarisation de la lumière par réfraction sur les faces des prismes, nous avons placé contre la fente du spectroscope une lame quart d'onde dont les lignes neutres étaient à 45° de la section principale du nicol. Les vibrations rectilignes issues du nicol étaient ainsi transformées en vibrations circulaires droite ou gauche auxquelles la réfraction par les prismes faisait subir exactement la même déformation.

IV. *Résultat.* — Les radiations provenant des oscillations internes sont à peu près complètement polarisées, mais non pas suivant la même direction. A la fréquence inactive et à la fréquence de combinaison correspond une vibration lumineuse perpendiculaire au plan des deux rayons incident et diffusé ($\rho = 0$), tandis que les fréquences actives donnent une raie à polarisation anormale, pour laquelle l'intensité i de la vibration parallèle au rayon incident est beaucoup plus forte que l'intensité I de la vibration perpendiculaire aux deux rayons.

C'est exactement ce que l'un de nous avait obtenu avec la calcite.

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Sur le rôle des phénomènes de photoconductance dans l'effet photovoltaïque.* Note (¹) de MM. **René Audubert** et **Jean Roulleau**, présentée par M. G. Urbain.

Certaines des substances donnant des effets photovoltaïques présentent à l'état solide une diminution de résistance sous l'action de la lumière; aussi quelques auteurs (²) ont-ils attribué à cette propriété un rôle essentiel dans la production des photopotentiels; mais comme une variation de la résistance ne pourrait intervenir directement qu'en circuit fermé, il faut admettre (³) que le déplacement électronique primaire provoquerait une activation des molécules du corps photosensible, d'où un déplacement de l'équilibre chimique. Cette théorie exige que les radiations les plus actives soient les mêmes dans les deux phénomènes, ce qui souvent n'est pas le cas; par exemple, pour Cu^2O et Ag^2S, les longueurs d'onde correspondant à l'effet maximum, sont respectivement 4000 Å et 10000 Å pour l'effet photovoltaïque, 5000 Å et 14000 Å pour l'effet de photoconductance.

Comme de toute manière il n'est pas légitime d'utiliser pour une telle interprétation les valeurs de la photoconductibilité d'une substance à l'état solide, nous avons mesuré directement les variations de résistance de diverses électrodes photosensibles (CuO, Cu^2O, CuO/Cu^2O, CuI, Ag^2S) en les associant à une électrode réversible (Hg/Hg^2Cl^2 ou Ag/AgI); le liquide était soit KCl, soit KI. Dans ces conditions, les variations de résistance sous l'influence du rayonnement doivent correspondre aux effets produits à la surface de la lame.

On constate d'abord que les résistances des couples considérés dépendent de la méthode de mesure : avec la méthode de Mance, on obtient des valeurs beaucoup plus grandes (10 à 12 fois, dans certains cas) qu'avec un dispositif analogue au pont de Kohlrausch. Cet écart montre incidemment que la fraction la plus importante de la résistance d'une électrode doit être localisée dans la couche de passage due à la polarisation.

Si l'on étudie par ces deux méthodes l'action de la lumière, on n'obtient

---

(¹) Séance du 27 juillet 1931.

(²) Ch. Winther, *Z. phys. Chem.*, 131, 1927, p. 205, et 145, 1929, p. 81; Scholl, *Ann. der Phys.*, 16, 1905, p. 193 et 417.

(³) Athanasiu, *Thèse*, Paris, 1925, p. 99.

de diminution de résistance notable que pour les électrodes de cuivre recouvert d'oxyde cuivreux : pour un flux de 10 lumens environ $\frac{\Delta R}{R}$ peut atteindre 0,30 à 0,35 avec la méthode de Mance et 0,05 à 0,07 avec un pont alimenté par du courant alternatif. Les photovariations de résistance du sulfure d'argent et de l'oxyde cuivrique sont faibles; celle de l'iodure cuivreux nulle aux erreurs d'expérience près; or ces substances sont parmi celles dont les effets photovoltaïques sont, toutes choses égales, les plus élevés. Au surplus pour un même corps, Cu^2O par exemple, on n'obtient aucune relation entre les photopotentiels et les variations de résistance mesurées dans des conditions identiques : très souvent les lames donnant les effets photovoltaïques les plus grands présentent des photoconductibilités très faibles et inversement.

D'autre part l'influence de l'intensité lumineuse sur la photoconductibilité et sur l'effet photovoltaïque est très différente : en effet, les photopotentiels, pour une assez grande échelle d'intensités (jusqu'à 3000 lux environ, pour Cu^2O), sont proportionnels à la racine carrée de cette variable, tandis que la variation de résistance est proportionnelle à l'intensité.

En définitive ces résultats montrent que le phénomène de photoconductance ne peut être considéré comme le facteur essentiel des effets photovoltaïques; s'il intervient, et l'on ne peut le supposer que pour quelques-unes des substances photosensibles, il doit être considéré comme un phénomène secondaire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la bromuration directe du métacrésol.* Note [1] de MM. G. Darzens et André Lévy, présentée par M. A. Béhal.

La bromuration directe du métacrésol a été d'abord étudiée par Claus et Hirsch [2] qui ont trouvé que l'action du brome sur ce phénol amenait toujours au 2.4.6-tribromométacrésol fondant à 82° sans qu'il soit possible de s'arrêter à un dérivé monobromé. Par contre ces mêmes auteurs prétendent obtenir par l'action du brome sur l'acétylmétacrésol un dérivé monobromé acétylé donnant par saponification alcaline le métabromométacrésol fondant à 56°-57° identique au dérivé monobromé déjà obtenu par Neville

(1) Séance du 15 juillet 1931.

(2) Claus et Hirsch, *Journ. für praktische Chemie*, 2e série, 39, 1889, p. 62.

et Winther en remplaçant par diazotation dans le 5-brom-3-aminotoluène le groupe NH^2 par le groupe OH [1].

Ce travail a été repris par Walther et Zipper qui ont trouvé que l'action du brome sur le métacrésol en solution dans le tétrachlorure de carbone à — 5° permettait d'obtenir un dérivé monobromé fondant à 62° qu'ils ont supposé être le 4-bromométacrésol, mais sans en établir cette formule de constitution [2].

Ayant eu besoin du 4-bromométacrésol pour un autre travail qui sera publié ultérieurement, nous avons repris l'étude de l'action directe du brome sur le métacrésol ou son dérivé acétylé, et nous avons trouvé que l'action du brome sur le métacrésol, en absence de toute trace de fer ou autre catalyseur, permettait effectivement d'obtenir un dérivé monobromé dont nous avons pu établir d'une façon certaine la formule de constitution. C'est le dérivé parabromé par rapport à la fonction phénol comme l'avaient supposé Walter et Zipper. Par contre, il ne nous a pas été possible d'obtenir un dérivé métabromé par l'action du brome sur le dérivé acétylé du métacrésol, réaction qui amène au même dérivé parabromé.

La monobromuration du métacrésol se réalise facilement de la manière suivante :

Dans une solution de 108g (une molécule de métacrésol et de 540g d'acide acétique cristallisable maintenue aux environs de + 5°, on écoule lentement une solution de 160g de brome dans 160g d'acide acétique. La décoloration est immédiate et il n'y a pas sensiblement de dégagement de HBr qui reste dissous.

On verse de suite dans un grand volume d'eau, on décante l'huile, on épuise à l'éther la solution aqueuse et l'on réunit l'éther à l'huile; le tout est lavé avec une solution de carbonate de soude à 10 pour 100 jusqu'à neutralisation complète. On chasse ensuite l'éther et l'on rectifie au vide, la majeure partie passe à 135°-137° sous 18mm et se prend en masse par refroidissement. Le produit brut fond à 54° et ce point de fusion s'élève jusqu'à 63° par cristallisation dans l'éther de pétrole.

Ce corps donne à l'analyse une teneur en brome répondant à un dérivé monobromé; il cristallise bien en longues aiguilles feutrées lorsqu'on précipite sa solution benzénique par l'éther de pétrole où il est très peu soluble à froid, il est très soluble dans l'alcool, l'acide acétique et l'éther, son odeur est assez désagréable et rappelle celle de l'iodoforme. Son dérivé acétylé fond à 10°,5 et distille à 135°-136° sous 17mm; son dérivé benzoylé fond à 83°; enfin son éther méthylique, préparé par l'action à froid du sulfate

---

(1) NÉVILLE et WINTHER, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 15, 1882, p. 2991.

(2) WALTHER et ZIPPER, *Journal für praktische Chemie*, 2e série, 91, 1915, p. 376.

de méthyle sur sa solution alcaline, fond à 9°,5 et distille à 112° sous 14mm.

Pour déterminer la position du brome dans la molécule de ce dérivé monobromé nous nous sommes adressé à son éther méthylique dont nous avons d'abord préparé le dérivé organomagnésien de Grignard par l'action du magnésium en présence d'éther; ce dernier a ensuite été traité par l'acide carbonique pour obtenir un acide méthoxyméthylbenzoïque suivant le schéma :

OCH^3 (I.) CH^3, Br → OCH^3, CH^3, MgBr → OCH^3, CH^3, CO^2MgBr → OCH^3 (II.) CH^3, CO^2H

Cette suite de réactions nous a donné, avec un rendement final de 85 pour 100, un acide fondant à 176° après cristallisation dans l'alcool ou l'acide acétique, identique avec l'acide représenté par la formule (II), comme cela résulte des travaux de Schall, Eijkmann et Gattermann qui ont déjà obtenu cet acide par d'autres méthodes ne laissant aucun doute sur sa constitution.

De cette transformation on doit donc conclure que le dérivé monobromé initial est bien un dérivé parabromé par rapport à la fonction phénol et que son éther méthylique doit être représenté par la formule (I).

Cette constitution est entièrement conforme à la règle des substitutions qui veut que les groupes OH et CH^3 orientent les substitutions en para ou ortho et excluent la possibilité d'une bromuration en méta comme Claus et Hirsch l'avaient annoncé à tort pour l'action du brome sur l'acétylmétacrésol.

Ajoutons qu'il ne nous a pas été possible de constater la formation d'un dérivé orthobromé en quantité appréciable dans nos conditions expérimentales.

ENTOMOLOGIE. — *Quelques observations sur les Acridiens migrateurs.* Note (1) de M. **P. Vayssière**, présentée par M. P. Marchal.

J'ai montré (2) que la répartition géographique des Acridiens migrateurs en Afrique est en réalité bien différente de celle qu'on avait coutume de considérer comme exacte jusqu'à ces derniers temps. Je signalais que j'avais

(1) Séance du 27 juillet 1931.

(2) P. Vayssière, *Les Acridiens migrateurs en Afrique française au cours de l'année* 1929 (*Comptes rendus*, 189, 1929, p. 1021).

reçu des échantillons recueillis dans un essaim de Criquets pèlerins (*Schistocerca gregaria* Forsk.) au niveau du 5° latitude Nord, dans l'Oubanghi-Chari. J'attirais en outre l'attention sur l'existence de *Locusta migratoria migratorioides* Rch. et Frm. en Afrique occidentale française où l'on n'avait encore jamais signalé cette espèce ([1]). Enfin je rappelais que la Commission nationale d'étude des Calamités avait émis un vœu en vue de l'étude méthodique de la biologie des Acridiens migrateurs. Depuis cette époque, cette institution organisa une enquête sur les Sauterelles dont les premières réponses accompagnées d'échantillons commencent à nous parvenir depuis quelques mois. Quelques remarques s'imposent dès maintenant à leur sujet.

I. Tout d'abord je dois insister d'une façon particulière sur l'existence du Criquet pèlerin dans la zone équatoriale et l'on ne peut considérer le 12° de latitude Nord comme la limite méridionale de cette espèce ([2]). En dehors de l'observation rappelée ci-dessus, je possède des exemplaires de *Schistocerca gregaria* récoltés dans des colonies, Guinée et Côte d'Ivoire, où son existence n'avait, à ma connaissance, jamais été constatée. Des insectes ont été capturés : à Bobo Dioulasso (Haute Volta) avril 1931, à Koumbia, février 1931, à Pita (Guinée) mars 1931. Ces localités sont sensiblement sur le 12° de latitude Nord. Mais j'en obtins également de Kissidougou (Guinée), 9° de latitude Nord, mars 1931. Bien plus, dans la région septentrionale du Congo belge, en février-mars 1930, c'est-à-dire au cours de la saison sèche, très caractérisée sur ce territoire, des nuages compacts de *S. gregaria* immatures (détermination personnelle) sont arrivés à l'Oubanghi Chari. Ils ont été signalés dans plusieurs postes (Gwane, Ango, Dakwa, Amadi, Poko, Bangadi, Bambessa, Nioka) au nord du fleuve Congo et de son affluent l'Aruwimi et sont allés s'abattre au delà du Lac Albert, en Ouganda, où ils ont causé des dégâts considérables. Ces essaims ont donc été observés sur une large bande de territoire comprise entre le 2° et 5° de latitude Nord. Toute cette région est couverte de savanes à *Andropogon* ou à *Imperata*, arborées ou non, avec des galeries forestières primitives. Ce n'est qu'à sa lisière sud que commence la grande forêt équatoriale qui semble avoir été un obstacle infranchissable.

([1]) Il faut toutefois noter que, si ma Note fut la première publication concernant la présence de *L. migratorioides* en Afrique occidentale française, on trouve dans les collections du Muséum d'Histoire naturelle des exemplaires de cet Acridien récoltés au Soudan français (1900); Guinée (1901 et 1904), Tchad (?) et Dahomey (1901).

([2]) Régnier, Lespès et Rungs, *Sur l'habitat de* Schistocerca gregaria *et la succession des générations chez cette espèce* (*Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1485).

Il est fort probable qu'il s'agit, étant donnée la correspondance des dates et la direction des vols (ouest-est), des bandes acridiennes (ou de leur descendance immédiate) qui ont été signalées en 1929, dans l'Oubanghi-Chari. En novembre-décembre 1930, cette même région des Uele et de l'Ituri, fut à nouveau envahie par les Sauterelles qui commirent des déprédations sérieuses surtout sur les graminées cultivées (Eleusine, Sorgho, Millet, Maïs); mais tous les essaims n'étaient composés que de *Locusta migratoria migratorioides*.

Cette espèce a également pris au cours de 1931, dans nos colonies (Guinée, Côte d'Ivoire) et au Cameroun, une extension désastreuse : environ $\frac{8}{12}$ de la production en bananes de la Guinée ont été anéantis en 1931. Sa multiplication aurait été favorisée, ces dernières années, d'après plusieurs correspondants, et en particulier d'après M. Chillou, par les feux de brousse qui créent artificiellement des zones convenant d'une façon parfaite à la ponte, grâce à la formation d'une couche superficielle de cendres qui acquiert rapidement une texture spongieuse.

II. La présence simultanée, dans les mêmes régions, de *S. gregaria* et de *L. migratorioides*, a permis depuis deux ans de constater sur un grand nombre de points du continent africain (Guinée : Labé, Kissidougou; Haute Volta : Bobo Dioulasso; etc.) la formation d'essaims mixtes, souvent très compacts, dans lesquels en général, tantôt l'une, tantôt l'autre espèce domine; parfois elles sont, toutes deux, sensiblement dans les mêmes proportions. Ainsi l'instinct grégaire de ces insectes les pousse à se déplacer avec des individus appartenant à une espèce très distincte, quoique de taille et de volume sensiblement identiques. L'intérêt de cette observation est accru du fait que *S. gregaria* et *L. migratoria migratorioides* ne réagissent en général pas de la même manière vis-à-vis des agents extérieurs et que leur écologie est bien différente; en particulier le premier est très nettement une espèce de zones sèches et désertiques, l'autre au contraire se multiplie notamment dans des steppes humides, même marécageuses, à hautes graminées.

Il serait particulièrement intéressant de pouvoir suivre, au point de vue comportement, de tels essaims mixtes au cours de leur existence. Il est fort probable qu'ils ont été formés par l'union de plusieurs bandes ailées qui se sont rencontrées et dont l'ensemble a suivi la direction de l'essaim principal, ainsi que cela se constate quand des essaims de même espèce se croisent.

III. Enfin le passage de la phase grégiare-migratrice à la phase solitaire-sédentaire et vice versa a été l'objet, ces dernières années, d'observations

intéressantes en divers pays et particulièrement en Égypte et au Maroc. Je viens de le constater au laboratoire dans des conditions peu communes et qui ne paraissent pas avoir encore été réalisées par d'autres expérimentateurs.

Ayant reçu fin mai, du Grand Atlas marocain (L[t] Olloix à Imouzer) une dizaine de *S. gregaria* vivants au cinquième stade larvaire, migrateur typique, j'en tentais l'élevage en réunissant tous les insectes dans une même cage. Sept d'entre eux moururent le lendemain; un autre opérait sa dernière mue 48 heures après et mourait aussitôt, ayant les caractères normaux du *gregaria gregaria*. Au bout de 8 jours (le 6 juin), un des deux exemplaires restants muait et donnait une femelle à caractères morphologiques intermédiaires (*gregaria dissocians*). Enfin le 28 juin, la dernière larve se transformait en un adulte femelle franchement *flaviventris* (*solitaria*).

Ainsi des Criquets pèlerins paraissant présenter les mêmes caractères anatomiques et récoltés dans une même bande migratrice au dernier stade larvaire ont pu, mis dans les mêmes conditions, donner des adultes de caractères morphologiques nettement différents : l'un d'eux en particulier, sans doute le plus jeune, c'est-à-dire le plus proche de sa mue précédente, subissant les nouvelles conditions de milieu, prolongeant la durée de son état larvaire, s'est écarté très nettement du type grégaire qu'il aurait acquis s'il était resté dans la bande d'où il a été prélevé.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur la nature golgienne d'un élément cytoplasmique caractéristique du germen dans les premiers stades du développement de la Grenouille*. Note de M. **Louis Bounoure**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Depuis 1927 j'observe dans les éléments germinaux de l'embryon de Grenouille l'existence d'un constituant cytoplasmique spécial, véritable signe distinctif de ces éléments, qui m'a permis d'en faire remonter l'histoire jusqu'à des stades très précoces du développement. Dans les débuts de la segmentation ce cytoplasme germinal se présente sous forme de petites vacuoles ou de plages plus étendues, d'abord rassemblées au voisinage du pôle vitellin, puis échelonnées dans la direction du futur blastocèle; le jeu de la segmentation répartit ces plages dans un certain nombre de grosses cellules, qui deviendront autant de gonocytes; au moment où

chacune de ces cellules, éliminant par divisions successives le matériel somatique qu'elle renfermait encore, devient une initiale germinale pure, la plage cytoplasmique caractéristique, jusque-là marginale, se déplace vers l'intérieur de la cellule et vient s'accoler au noyau; elle ne quittera plus dès lors cette position, où la montre la figure ci-contre dans un gonocyte de la dernière période d'évolution de la blastula.

Quels sont les caractères les plus frappants de cet élément de constitution des cellules germinales?

1° Les méthodes argentiques après fixation au formol-urane (Cajal) imprègnent fortement en noir ces plages spéciales (voir la figure); elles imprègnent d'ailleurs en même temps les grains mitochondriaux, qui, loin d'être une propriété des gonocytes, se retrouvent dans toutes les cellules embryonnaires sans exception.

2° Après fixation formolée (Zenker-formol, formol chaud, picro-formol) et postchromisation à chaud, la technique de Volkonsky colore en bleu la substance en question, ainsi différenciée du chondriome et du vitellus. Le vert lumière colore également cette substance.

3° A partir du moment où sont constituées des cellules germinales pures, la formation, accolée au noyau, se présente dans la position et avec l'aspect de la zone de Golgi classique des éléments germinaux.

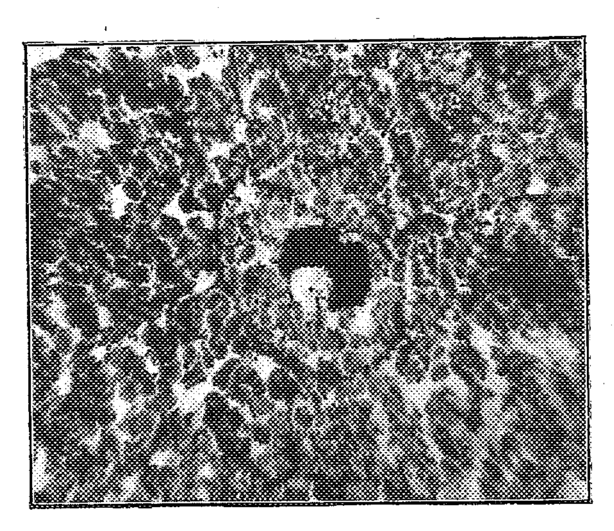
Pour ces raisons il faut considérer ce cytoplasme spécial comme appartenant à la catégorie des substances de nature lipoïdique qui entrent dans la constitution des formations golgiennes et aux dépens desquelles, sans doute, se différencient les éléments structuraux de ces formations. Mais cette substance se présente ici avec des caractères particuliers qu'il importe de préciser.

Dans les gonocytes de l'embryon de Grenouille, les plages golgiennes, qu'elles soient marginales ou juxtanucléaires, noircissent en bloc par l'imprégnation argentique, offrent un contour net et délimité et ne laissent discerner aucun détail de structure. Je rappelle que Parat (1928) a observé dans les spermatocytes du Discoglosse une tendance à l'imprégnation massive de toute la région de l'idiozome.

Mais je puis dire qu'ici ce phénomène ne masque aucune structure intime; même après d'excellentes fixations, les imprégnations faibles ou les colorations appropriées font toujours apparaître la formation en question avec un aspect homogène. La particularité cytologique des gonocytes de la Grenouille, ce n'est donc point la présence d'un appareil de Golgi comportant des éléments morphologiques, mais plutôt d'une *substance golgienne*,

distincte du chondriome, et formant de petites enclaves, taches ou zones homogènes, dont la position intracellulaire varie avec l'évolution des éléments germinaux.

Un autre caractère de cette substance, c'est son association constante



Microphotographie d'un gonocyte dans une blastula avancée, imprégnée à l'argent (méthode de Cajal); la zone de Golgi coiffant le noyau est fortement imprégnée en noir. × 360.

avec les éléments normaux du chondriome. Lorsqu'elle est encore, dans les blastomères du stade 4, à l'état de petites vacuoles, celles-ci sont placées au milieu de territoires très riches en mitochondries, et entourées elles-mêmes d'une couronne régulière de chondriosomes; mais il ne s'agit ici que d'une juxtaposition. Au contraire dès que la substance lipoïdique en question forme dans la cellule une plage marginale ou occupe la zone de Golgi, elle englobe toujours des mitochondries, prises comme dans l'épaisseur d'une gangue; l'affinité de cette gangue pour le bleu de Volkonsky ou le vert lumière, celle des mitochondries pour la fuchsine, produisent alors par superposition une teinte violacée caractéristique; certaines préparations laissent très bien distinguer les motochondries englobées qui sont toujours du type granulaire.

Si l'on considère que l'on a déjà décrit plusieurs fois des corps de Golgi sans structure, on admettra sans peine que les gonocytes de l'embryon de Grenouille, à l'exclusion de toutes les cellules somatiques, offrent un nouveau cas d'une telle formation golgienne, représentée par une substance lipoïdique sans différenciations structurales, englobant de bonne heure des

mitochondries et dont l'évolution topographique à l'intérieur des éléments germinaux suit une marche précise et constante au cours du développement de la blastula.

BIOLOGIE. — *Parasitisme et symbiose chez les Aphides.* Note de M. A. PAILLOT, présentée par M. P. Marchal.

Les faits établis antérieurement tendent à démontrer que la symbiose chez les Aphides n'est qu'un cas particulier d'immunité antimicrobienne naturelle; j'ai pu montrer en outre, notamment chez les Pucerons verts du Pommier et du Fraisier, que les bacilles représentant la forme originelle des symbiotes se comportent parfois comme de véritables parasites. Des constatations analogues viennent d'être faites chez un Chaitophore de l'Erable qui confirment et étendent les conclusions précédemment énoncées. Tous les individus examinés jusqu'ici apparaissent largement infectés par un coccobacille protéiforme; à côté d'éléments minuscules mesurant à peine 1^{μ} de grand axe sur $0^{\mu},5$ de petit axe, on en observe d'autres dont les dimensions atteignent et même dépassent parfois 5^{μ} sur $1^{\mu},2$. Ils se colorent mal par le Giemsa et seulement sur la partie périphérique et aux deux pôles; la majeure partie du corps bacillaire reste incolore. L'aspect des frottis obtenus en dilacérant sur lame de verre le corps des Pucerons rappelle ceux obtenus avec sang de chenilles en état de septicémie; il s'agit donc d'une véritable infection microbienne.

Les frottis obtenus avec embryons extraits du corps des femelles parthénogénétiques sont généralement caractérisés par la présence de bacilles plus volumineux que ceux observés dans le corps de la mère. Parmi les éléments de grande taille, une proportion plus ou moins importante ne présente pas la coloration bipolaire et se teinte uniformément en bleu pâle par le Giemsa; quelques-uns ont une forme arrondie et se différencient à peine des formes dites levures ou symbiotes : ils représentent vraisemblablement les formes de passage entre bacilles vrais et symbiotes.

Si l'on examine des coupes en série de *Chaitophorus sp.* après coloration par le Giemsa ou l'hématoxyline ferrique, on constate tout d'abord que le tube digestif est sensiblement plus volumineux que dans les autres espèces d'Aphides sans toutefois que cette dilatation anormale soit accompagnée de lésions cellulaires susceptibles de nuire au fonctionnement normal de l'organe; l'intérieur du tube est rempli d'éléments microbiens dont quelques-

uns seulement sont très sidérophiles, la majeure partie est à peine teintée par l'hématoxyline ou le Giemsa. Les mêmes éléments se retrouvent, mais en moins grand nombre, dans la cavité générale; on les observe enfin souvent disposés en amas entre la gaine ovarique et l'embryon, dans la cavité générale de celui-ci et surtout à l'intérieur du tube digestif en formation. Dans la cavité générale de la mère comme dans celle de l'embryon, les éléments bacillaires sont généralement de grande taille.

Les bacilles ensemencés largement sur gélose ordinaire ne donnent pas de culture positive. De même, ils ne se multiplient pas dans le sang du ver à soie après injection dans la cavité générale d'une goutte de liquide de broyage de Chaitophores; les bacilles ainsi introduits en grand nombre dans le sang disparaissent assez rapidement. Cette destruction des éléments bacillaires est bien moins le résultat d'une véritable réaction d'immunité que la conséquence de l'extrême fragilité du microbe.

Ces constatations, rapprochées d'autres faites précédemment, permettent de tirer un certain nombre de conclusions générales qui éclairent d'un jour nouveau le phénomène de l'infection bactérienne normale chez les Aphides :

1° L'infection bactérienne normale ne semble pas aboutir à un état pathologique grave entraînant la mort de l'hôte; en général, le parasitisme bactérien ne détermine pas de lésions cellulaires ou tissulaires susceptibles de troubler le fonctionnement normal des organes;

2° Les bactéries parasites des Aphides sont caractérisées par leur extrême fragilité; elles se colorent généralement mal, ne cultivent pas sur les milieux ordinaires employés en bactériologie et sont incapables d'infecter d'autres Invertébrés;

3° La transmission héréditaire des bactéries est de règle chez les Aphides alors qu'elle ne se produit qu'exceptionnellement chez la plupart des insectes.

MICROBIOLOGIE. — *Étude du milieu dans lequel se cultive le Spirochète des Poules*. Note [1] de M. **E. Landauer**, présentée par M. Roux.

Cherchant à simplifier le milieu nutritif qui permet au Spirochète des Poules de se multiplier, nous avons vu qu'il fallait, pour l'isolement et les premières cultures, en revenir au milieu proposé par Galloway, modifié

(1) Séance du 27 juillet 1931.

par Marchoux et Chorine. Mais, à partir du dizième passage, nous avons pu simplifier ce milieu sans diminuer la vitalité des germes. Une dilution de blanc d'œuf dans l'eau physiologique à 9 pour 100 renferme une substance nuisible, dont on reconnaît la présence en la mélangeant à un milieu favorable. Cette substance disparaît par chauffage à 80° pendant une demi-heure et le produit de centrifugation permet la multiplication des germes, comme l'ont indiqué Marchoux et Chorine. Cette addition de blanc d'œuf cuit, dont l'utilité est manifeste, n'intervient pas par apport des matières protéiques qu'il renferme. En effet, si l'on coagule l'albumine par l'alcool absolu et chauffage ou par chauffage en milieu acide, on obtient, aux dépens du liquide recueilli par filtration, un extrait qui, dissous dans l'eau, ne donne pas la réaction du biuret ou des xanthoprotéines, et qui cependant permet la culture. La reprise de l'extrait hydro-alcoolique par l'alcool absolu, dans lequel cet extrait n'est pas totalement soluble, donne après évaporation un résidu qui, dissous dans l'eau, possède les mêmes propriétés. La cendre de blanc d'œuf se montre d'ailleurs d'égale utilité. La substance favorisante appartient donc aux cristalloïdes.

Le sang, dont la présence importe à la réussite des premiers passages, peut de même être remplacé par l'hémoglobine et même par les produits qui dialysent au travers du collodion. Un extrait globulaire préparé d'après la méthode d'Agulhon et Legroux donne d'aussi bons résultats.

Le Spirochète des Poules ne se cultive bien que sous un bouchon d'huile de vaseline, mais il meurt si on le prive totalement d'oxygène.

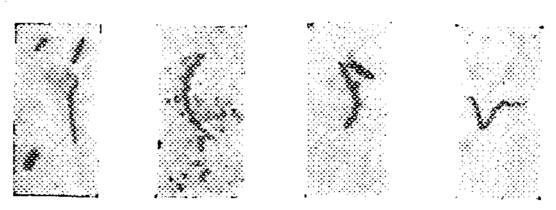
Nos recherches nous ont permis de vérifier pas à pas les résultats des observations de M. Marchoux, à savoir qu'en raison du remarquable pouvoir osmotique dont sont doués les Spirochètes, les germes peuvent s'accoutumer à vivre dans des milieux différents et de saprophytes devenir facilement pathogènes. Nous avons vu ces organismes s'adapter progressivement à des milieux divers et de plus en plus simples.

Le Spirochète de la Poule dont la virulence s'abaisse par passages d'animal à animal, reste totalement virulent dans les cultures et, au 37e passage, tue la Poule en 5 jours.

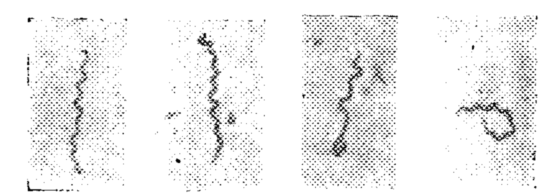
BACTÉRIOLOGIE. — *Sur quelques caractères de* T. rigidum. Note (¹) de MM. G. Delamare et C. Gatti, présentée par M. H. Vincent.

Nous avons eu l'occasion d'observer, dans le pus d'une pleurésie fétide à fusospirochètes de l'interlobe gauche, un tréponème spécial qui nous paraît mériter d'être individualisé sous le nom de *T. rigidum*.

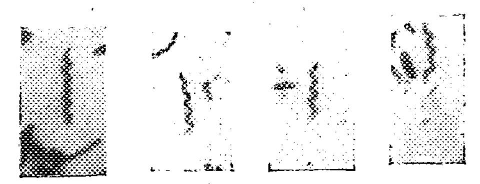
Ce germe, fréquent dans les gingivites, ne laisse pas de rappeler l'un des spirochètes de la figure 4 de la planche XIII de l'Atlas de Hoffmann et il



T. rigidum. Microphot. × 1700.



T. pallidum. Microphot. × 1700.



T. dentium. Microphot. × 1700.

est sans doute identique au pseudo-*pallidum* rencontré dans la bronchite sanglante par M. H. Vincent et par l'un de nous.

On ne le voit que sur les préparations imprégnées par l'argent, colorées par le Giemsa ou mordancées et sur les frottis du pus de la plèvre interlobaire où abondent les autres spirochétidés. Il faut parcourir trois ou quatre champs pour en découvrir un.

(¹) Séance du 20 juillet 1931.

Long de 6 à 8$^{\mu}$, exceptionnellement de 10$^{\mu}$, *T. rigidum* présente d'ordinaire 6 à 10 spires très régulières et très serrées qui, en règle générale, ne s'effacent pas sous l'influence de l'étalement. Dans son aspect, à la fois le plus habituel et le plus typique, il est rigoureusement rectiligne et, partant, dépourvu d'ondulations. Dans l'éventualité contraire, il décrit un arc de cercle de rayon parfois assez grand ou prend la forme d'un S plus ou moins allongé. Lorsqu'il lui arrive de se plier sur lui-même, il dessine un V plus ou moins ouvert. Les extrémités de cet élément spiralé sont souvent rectilignes et effilées, mais il n'est pas inouï de constater que l'une d'elles est rectiligne et mousse tandis que l'autre est incurvée en crochet et quelque peu effilée.

Sur les préparations imprégnées par l'argent notre *T. rigidum* s'empâte beaucoup plus que le *T. pallidum* et le *T. dentium*. Dans ces conditions son épaisseur est de 0$^{\mu}$,30 alors que celle du *T. pallidum* n'excède pas 0$^{\mu}$,25 et que celle du *T. dentium* oscille entre 0$^{\mu}$,30 et 0$^{\mu}$,35. Les pas de spire mesurent environ 0$^{\mu}$,60. La profondeur des spires n'excède pas 0$^{\mu}$,20. Dans les mêmes conditions, les pas de spires du *T. pallidum* vont de 0$^{\mu}$,60 à plus de 1$^{\mu}$ et ceux du *T. dentium* de 0$^{\mu}$,80 à 1$^{\mu}$,10; la profondeur des spires du *T. pallidum* est d'environ 0$^{\mu}$,70, celle des spires du *T. dentium* d'environ 0$^{\mu}$,40. Sur les préparations colorées par le Giemsa, les pas de spires sont de 0$^{\mu}$,70 alors que ceux du *T. pallidum* vont de 0$^{\mu}$,70 à plus de 1$^{\mu}$ et que ceux du *T. dentium* vont de 0$^{\mu}$,90 à 1$^{\mu}$,10; la profondeur des spires est inférieure à 0$^{\mu}$,50. La profondeur des spires du *T. pallidum* est comprise entre 0$^{\mu}$70 et 1$^{\mu}$; celle des spires du *T. dentium* est voisine de 0$^{\mu}$,60.

A l'ultramicroscope *T. rigidum* se meut rapidement sur son grand axe sans présenter habituellement d'ondulations.

L'inoculation du pus pleural contenant ce germe est demeurée négative (inoculation dans la plèvre du singe et du cobaye, dans le testicule du lapin).

La séance est levée à 15^{h}40^{m}. A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 AOUT 1931.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉTÉORITES. — *Sur la chute récente* (27 juin 1931) *d'une météorite asidérite dans l'Extrême Sud tunisien.* Note de M. **A. Lacroix.**

Je dois à M. Solignac la connaissance de la chute récente d'une météorite dans l'Extrême Sud tunisien. M. le Commandant Filio, M. le Capitaine Lewden et M. Lacroux ont envoyé au Muséum les fragments ayant servi à l'étude de cette pierre dont la composition est exceptionnelle. Il ne s'agit pas, en effet, d'une chondrite, mais d'une *asidérite* (1).

Voici tout d'abord l'extrait d'un rapport du Capitaine Lewden relatant les particularités de la chute :

« J'ai l'honneur de vous faire connaître qu'un aérolithe est tombé dans la région de Tataouine le 27 juin, à 1h30m du matin.

Tous les habitants de Tataouine ont été réveillés par un grondement plus violent et plus long que le grondement de l'orage. Ce grondement a été accompagné d'une grande lueur et certains affirment avoir vu une boule de feu sillonner le ciel en direction Ouest-Est. Le grondement principal fut suivi d'une série d'éclatements comparables à des éclatements de grenade. En tout, le phénomène dura environ 30 secondes.

Des recherches effectuées dans les environs de Tataouine ont amené la découverte, à 4km nord-est du village, à 500m environ de la piste Tataouine-Ben-Gardane, de quatre amas de masses minérales, tombés sur un espace de 500m de rayon environ. Ces fragments d'aérolithes ont formé en tombant dans le sol, sableux, de petits entonnoirs

(1) Ce terme servant à désigner les aérolithes dépourvus de fer métallique ne doit pas être pris dans un sens absolu, car ils renferment fréquemment des traces de ce métal. Tel est le cas pour la pierre qui fait l'objet de cette Note.

comparables à ceux que font les obus de 75. Les masses minérales se sont brisées au contact du sol, en plusieurs fragments dont les plus gros n'excèdent pas 2^{kg}.

Le grondement et la lueur ont été perçus à 50^{km} autour de Tataouine et peut-être plus loin. »

L'aérolithe de Tatouine est à rapporter au type *diogénite* de Tschermak, connu jusqu'ici par quatre chutes seulement : Manegaon, Bombay (29 juin 1843); Shalka, Bengale (30 novembre 1850); Ibbenbühren, Westphalie (17 juin 1870); Elwell près Johnstown, Colorado (19 juin 1924).

Les diogénites sont essentiellement constituées par de l'hypersthène, avec parfois fort peu de chromite, et plus rarement (Elwell) d'anorthite [1]. Celle d'Ibbenbühren ne renferme que de l'hypersthène et telle est aussi la diogénite de Tataouine.

Mais cette dernière se distingue de toutes les autres par son grain et sa structure. C'est une roche pegmatoïde à éléments dont la grosseur dépasse tout ce qui est connu dans les aérolithes : certains de ses cristaux élémentaires, de couleur jaune veinée de gris noirâtre, à éclat gras, atteignent, en effet, 3^{cm}. Ils sont individuellement assez tenaces, mais ils sont lâchement réunis entre eux. Un choc, même peu violent, les met en liberté, seuls ou réunis en petit nombre.

Ceci explique la rupture de la météorite en une grande quantité de fragments, lors de son brusque contact avec le sol. Prise dans son ensemble, la cassure de la roche est chaotique, creusée de cavités et pourvue de reliefs très accentués. Les fragments que l'on en détache ont l'apparence de la coccolite composée de cristaux élémentaires, emboîtés dans leurs voisins, polyèdres à arêtes courbes, à faces souvent convexes et gondolées. Leur surface est comme fondue, mais l'examine-t-on devant une vive lumière, l'on voit briller par réflexion de nombreux petits plans cristallins; ainsi est mise en évidence une structure finement grenue, contrastant avec l'aspect homogène que semblait déceler un examen moins approfondi.

La périphérie de ces fragments détachés de la roche est recouverte localement par une lame mince d'un verre noir épousant toutes leurs irrégularités; en d'autres points, cet enduit de verre, vu sur sa tranche, paraît comme suinter entre les cristaux constitutifs. Çà et là, il est accompagné de très petites lamelles discontinues de fer métallique appliquées sur la surface du pyroxène.

La météorite a dû être recouverte extérieurement par une croûte noire,

---

(1) La *rodite* est une diogénite à olivine un peu feldspathique.

fort mince, très peu adhérente, aussi ne la voit-on qu'en petits lambeaux sur un des échantillons étudiés.

L'analyse chimique, dont les détails seront donnés ultérieurement, confirme les résultats de l'examen minéralogique et fournit des résultats très voisins de ceux de la diogénite d'Ibbenbühren. La densité est de 3,404.

L'examen microscopique conduit à des constatations importantes. Malgré leur apparente homogénéité, les gros cristaux d'hypersthène renferment un grand nombre de grains irréguliers du même minéral, sans communauté d'orientation entre eux ou avec leur hôte. Il peut même ne subsister que peu de chose du cristal originel, presque entièrement transformé en une mosaïque cristalline; c'est celle-ci dont la présence est révélée par l'examen indiqué plus haut. Une telle structure intime explique la ténacité des éléments de la roche considérés individuellement et l'impossibilité d'en extraire de larges clivages, bien que l'observation microscopique montre leur existence.

Toutes ces modalités du pyroxène rhombique sont remplies d'inclusions vitreuses, à contours parfois sinueux; beaucoup de ces inclusions sont distribuées en traînées.

Enfin la météorite laisse voir, au microscope, de nombreuses fissures linéaires, disposées en tous sens, mais pouvant être orientées suivant une même direction. Sur leurs bords, l'hypersthène est devenu noir et opaque; ailleurs, elles sont remplies par le verre noir dont il vient d'être question.

Le principal intérêt de la structure des météorites est de permettre de reconstituer, ou tout au moins de discuter, les différentes phases de leur histoire.

Avant d'aborder un essai d'interprétation de la structure qui vient d'être définie, je voudrais indiquer ce qu'elle n'est pas. Les diogénites des quatre chutes anciennes ont une caractéristique commune. Elles ont été profondément déformées structuralement par des actions mécaniques; des fragments anguleux d'hypersthène sont traversés par des cassures remplies de leurs menus débris. Ces fragments sont distribués dans une pâte cataclastique à débris plus fins, de couleur plus claire. La roche n'étant pas cimentée est fragile ou même friable.

Dans la diogénite de Tataouine, il n'en est pas ainsi; elle ne présente aucune déformation mécanique. Les petits grains d'hypersthène qu'elle renferme ne sont pas brisés ou, s'ils l'ont été, le phénomène est masqué par une recristallisation postérieure. Le remplacement partiel des grands cris-

taux par ces petits grains diversement orientés me fait penser à une modification de l'ordre de celle qui affecte le sulfate de sodium orthorhombique (thénardite), lorsqu'un de ses cristaux est chauffé au-dessus de 500° C.; il se transforme alors en un agrégat de cristaux d'une forme uniaxe. Ce changement d'état est reversible; par refroidissement, il se fait un retour à la thénardite, mais sans reconstitution du cristal initial; elle se présente sous forme d'une mosaïque de grains d'orientation diverse.

Peut-être, sous l'influence de la chaleur, s'est-il produit une transformation polymorphique de l'hypersthène, avec production *transitoire* de clino-hypersthène non orienté. Je ne présente, d'ailleurs, une telle suggestion que comme une hypothèse de travail : elle demande une discussion qui n'a pas sa place ici.

Quoi qu'il en soit de la conclusion définitive, il s'agit là d'une transformation d'une roche tout d'abord uniformément grenue, transformation qui est certainement d'origine cosmique, mais elle a été suivie de plusieurs autres modifications. Je fais allusion, en premier lieu, à la production des fissures dans la météorite prise dans son ensemble et qui traversent indirectement les cristaux anciens et les agrégats grenus plus récents. Ces fissures ont été ensuite comblées par le verre noir résultant de la fusion de leurs parois sous l'influence d'un réchauffement propagé plus rapidement dans les intervalles des cristaux que dans leur masse. Ce verre, à cassure brillante, est homogène, il est paramagnétique et, par cela, il contraste avec la croûte périphérique de la météorite, croûte terne et diamagnétique, parce que riche en magnétite.

On sait que la production de cette croûte périphérique fondue date de la traversée extrêmement rapide de l'atmosphère terrestre par la météorite. La fusion superficielle s'est effectuée en milieu oxydant, ainsi qu'en témoigne la formation de la magnétite.

Le verre interne, au contraire, a pris naissance en milieu réducteur, car c'est à ses dépens que s'est formé le fer métallique qui lui est associé; il s'est développé contre les parois de l'hypersthène (1); jamais, en effet, il ne se voit englobé dans l'intérieur du pyroxène, il est donc incontestablement d'origine secondaire.

Si la fusion périphérique de l'hypersthène est certainement postérieure

(1) L'examen microscopique de ces lamelles de fer métallique les montre creusées de petites cupules qui semblent être un moulage de la mosaïque de grains de la paroi hypersthénique sur quoi elles se sont formées.

au premier type des modifications subies par ce minéral, elle n'est pas nécessairement contemporaine de la formation de la croûte de la météorite; j'ai pu montrer, en effet ([1]), que les veines de verre traversant les eucrites de Béréba et de Cachari sont nettement antérieures à cette croûte.

Telles sont les observations préliminaires que j'ai pu faire sur la météorite de Tataouine.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur les propriétés physiques des protéines du sérum et des sérosités hydropiques dans la néphrose lipoïdique.* Note ([2]) de MM. **Charles Achard**, **Augustin Boutaric** et **Arthur Arcand.**

Sachant par des recherches précédentes que les protéines séparées d'un sérum normal par la méthode à l'acétone de Piettre conservent à peu de chose près les propriétés physiques qu'elles possèdent dans ce sérum et notamment leur faculté d'hydratation, il nous a paru intéressant de faire cette comparaison dans la néphrose lipoïdique, maladie dans laquelle les particules colloïdales du sérum ont perdu la faculté de s'hydrater par le chauffage (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1611).

A. — M. Piettre a obligeamment préparé les protéines de plusieurs sérums provenant des malades ([3]) et voici les résultats que nous avons obtenus ([4]).

I. Dans le premier cas de néphrose lipoïdique rapporté dans une Note antérieure, nous avons constaté, avec les protéines séparées du sérum et ramenées au volume de celui-ci, la même invariabilité de la viscosité aux diverses températures, mais un nombre de particules qui croissait puis décroissait par le chauffage :

([1]) A. Lacroix, *L'eucrite de Béréba* (*Haute-Volta*). (*Archiv. Muséum*, 6e série, 1, 1926, p. 56).

([2]) Séance du 3 août 1931.

([3]) M. Doladilhe, M. Bouchard et Mlle Roy nous ont aussi prêté leur concours pour ces recherches délicates.

([4]) Comme dans les recherches précédemment rapportées, h représente l'absorption lumineuse, F la diffusion lumineuse, $\frac{\eta}{\eta_0}$ la viscosité et ω le nombre de granules par gramme de matière sèche.

	h.	F.	$\frac{\eta}{\eta_0}$.	ω.
Sérum brut.				
A la température de 26°	2	5,10	1,4	0,20
Après 1 heure de chauffage à 40°	0,36	5,08	1,4	1,10
» » 56°	0,30	-	1,4	1,13
» » 64°	0,25	-	1,4	1,60
Protéines séparées.				
A la température de 26°	0,76	5,29	1,33	0,43
Après 1 heure de chauffage à 50°	0,73	5,32	1,33	0,45
» » 56°	0,58	5,42	1,33	0,57
» » 64°	1,07	5,16	1,33	0,30
» » 70°	1,09	5,16	1,33	0,30

II. Chez le second malade atteint de néphrose lipoïdique, les protéines séparées se sont comportées à peu près comme le sérum, c'est-à-dire que le nombre de granules par gramme de protéines sèches a augmenté, puis diminué à mesure que la température s'élevait, et la viscosité a très peu varié par le chauffage.

	h.	F.	$\frac{\eta}{\eta_0}$.	ω.
Sérum brut.				
A la température de 26°	0,08	5,77	1,45	5,75
Après 1 heure de chauffage à 50°	0.07	5,80	1,46	6,50
» » 56°	0,09	5,75	1,46	5,1
» » 64°	0,22	5,23	2,23	5,4
Protéines séparées.				
A la température de 26°	0,36	5,34	1,44	1,21
Après 1 heure de chauffage à 50°	0,30	5,38	1,44	1,46
» » 56°	0,35	5,30	1,46	1,26
» » 64°	0,42	5,14	1,48	1,08
» » 70°	0,42	5,14	1,48	1,08

On voit dans ce cas des écarts importants pour le facteur ω entre le sérum et les protéines séparées. Mais, dans ce cas, comme dans le précédent, la séparation des protéines n'avait pas été faite dans la chambre froide et ces faits montrent la nécessité d'opérer cette séparation à la plus basse température possible, pour éviter la polymérisation ou l'accolement des granules. On voit, en effet, dans les examens suivants, où l'opération a été faite à 0°, la différence s'effacer.

Dans un second échantillon du second cas, à la phase urémique, nous

avons constaté la concordance du quotient ω dans les protéines séparées et dans le sérum, et l'invariabilité de la viscosité aux diverses températures au-dessous de 63° dans les protéines séparées, mais non dans le sérum :

	h.	$\frac{\eta}{\eta_0}$.	ω.
Sérum brut.			
A la température de 26°	0,12	1,40	3,33
Après 1 heure de chauffage à 57°	0,14	1,53	3,35
» » 63°	0,19	1,66	3,47
Protéines séparées à 0°.			
A la température de 26°	0,20	1,68	3,40
Après 1 heure de chauffage à 57°	0,20	1.68	3.40
» » 63°	0,25	1,89	3,56

III. Dans un troisième cas de néphrose lipoïdique, où la densité optique était élevée dans le sérum, elle était un peu moindre dans les protéines séparées; mais la viscosité restait invariable par le chauffage, tant dans le sérum brut que dans les protéines séparées :

	h.	$\frac{\eta}{\eta_0}$.	ω.
Sérum brut (Protéines 65 pour 1000. Lipides 8,96).			
A la température de 26°	0,94	1,68	0,72
Après 1 heure de chauffage à 57°	0,35	1,68	1,94
» » 63°	0,33	1,68	2,06
Protéines séparées.			
A la température de 26°	0,64	2	1,56
Après 1 heure de chauffage à 57°	0,59	2	1,61
» » 63°	0,53	2	1,88

On voit que, dans ces trois cas de néphrose lipoïdique, les protéines séparées du sérum diffèrent de l'état normal par leur viscosité à peu près invariable aux diverses températures.

Leur résistance à l'hydratation, qui est indiquée par cette anomalie, est encore confirmée par l'étude de leur viscosité après un chauffage à 64° prolongé pendant 12 heures.

	$\frac{\eta}{\eta_0}$.
Protéines d'un sérum normal	11,9
» du sérum du 1er cas	2
» du 2e cas (1er échantillon)	3,3

B. — Enfin, nous avons cherché si cette anomalie physique des protéines du sérum sanguin se retrouvait dans celles des sérosités hydropiques, très souvent développées dans cette affection, et nous avons étudié comparativement plusieurs de ces liquides ainsi que, par comparaison, deux autres sérosités de cause différente.

I. Néphrose lipoïdique (1er cas) :

	h.	F.	$\frac{\eta}{\eta_0}$.	ω.
Liquide d'ascite.				
A la température de 26°	0,65	4,09	1,06	0,09
Après 1 heure de chauffage à 40°	0,22	4,17	1,06	0,27
» à 50°	0,19	4,16	1,06	0,31
» à 64°	0,10	4,22	1,06	0,60
Chauffage à 64° :				
Après 5 minutes	0,37		1,06	0,16
» 20 »	0,19		1,06	0,31
» 1 heure	0,10		1,06	0,60
» 4 »	0,11		1,06	0,60
» 5 »	0,09		1,06	0,60
» 6 »	0,11		1,06	0,60
Liquide d'hydrothorax.				
A la température de 26°	0,85	4,08	1,03	0,035
Après 1 heure de chauffage à 40°	0,24	4,09	1,03	0,12
» à 50°	0,27	4,10	1,03	0,11
» à 64°	0,27	4,10	1,03	0,11
Chauffage à 64° :				
Après 1 heure	0,39		1,03	0,07
» 3 »	0,22		1,03	0,13
» 4 »	0,21		1,03	0,15
» 5 »	0,22		1,03	0,13
Liquide d'œdème.				
A la température de 26°	0,03	5,57	1,07	2,4
Après 1 heure de chauffage à 40°	0,06	5,14	1,07	1,15
» à 64°	0,11	5,06	1,07	0,63

II. Néphrose lipoïdique (3e cas) :

	h.	$\frac{\eta}{\eta_0}$.	ω.
Liquide d'hydrothorax droit.			
A la température de 26°	0,26	1,06	0,23
Après 1 heure de chauffage à 57°	0,13	1,06	0,46
» » à 63°	0,11	1,06	0,545
Liquide d'hydrothorax gauche n° 1.			
A la température de 26°	0,23	1,03	0,13
Après 1 heure de chauffage à 57°	0,12	1,03	0,25
» » à 63°	0,14	1,03	0,214
Liquide d'œdème n° 1.			
A la température de 26°	0,25	1,06	0,24
Après 1 heure de chauffage à 57°	0,22	1,06	0,274
» » à 63°	0,28	1,06	0,218
Liquide d'œdème n° 2.			
A la température de 26°	0,06	1,06	1
Après 1 heure de chauffage à 57°	0,10	1,06	0,6
» » à 63°	0,10	1,06	0,6
Liquide d'hydrothorax gauche n° 2.			
Non chauffé	0,05	1,31	6,20
Après 1 heure de chauffage à 57°	0,03	1,32	10,66
» » à 63°	0,02	1,32	16

Cette fixité de la viscosité pendant le chauffage ne se retrouve pas dans d'autres liquides hydropiques d'autre cause :

	h.	$\frac{\eta}{\eta_0}$.	ω
Liquide d'ascite cardiaque.			
A la température de 26°	0,05	1,30	6
Après 1 heure de chauffage à 40°	0,05	1,30	6
» » à 60°	0,07	1,41	5,35
» » à 64°	0,25	2,4	5,60
Liquide d'ascite cirrhotique.			
A la température de 26°	0,02	1,2	6,6
Après 1 heure de chauffage à 40°	0,03	1,2	6,6
» » à 60°	0,05	1,32	6,4
» » à 64°	0,02	1,44	6,2

De ce même liquide, les protéines ont été séparées à 0°. Elles ont présenté des caractères peu différents aussi du sérum, et notamment la constance de la viscosité pendant le chauffage :

	$h.$	$\frac{\eta}{\eta_0}.$	$\omega.$
Non chauffées	0,09	1,55	6,11
Après 1 heure de chauffage à 57°	0,07	1,55	7,85
» » à 63°	0,06	1,56	9,33

Conclusions. — On peut constater dans la néphrose lipoïdique que les granules colloïdaux du sérum ont perdu la faculté de l'hydrater par le chauffage, de même que ceux des sérosités hydropiques. Cette même anomalie se retrouve pour les protéines séparées de ce sérum et de ces sérosités.

Il y a donc dans cette affection non seulement des modifications quantitatives des diverses protéines, mais encore des modifications dans les propriétés physiques de ces protéines.

Il ne s'ensuit pas nécessairement que ce caractère soit constant dans la néphrose lipoïdique ni qu'il appartienne exclusivement à cette affection.

CORRESPONDANCE.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la convergence des séries dans la solution du problème des trois corps donnée par M. Sundman.* Note (¹) de M. **D. Belorizky**, transmise par M. Ernest Esclangon.

On sait que M. Sundman (²) a pu résoudre le problème des trois corps en introduisant au lieu du temps t une autre variable ω, déterminée par les relations

$$dt = \Gamma\, d\omega, \qquad \Gamma = \left(1 - e^{\frac{-r_1}{l}}\right)\left(1 - e^{\frac{-r_1}{l}}\right)\left(1 - e^{\frac{-r_2}{l}}\right),$$

r_0, r_1, r_2 étant les distances mutuelles des trois corps, e la base des logarithmes naturels et l une constante. Dans ces conditions les coordonnées des trois corps, leurs distances et le temps sont des fonctions régulières de ω

(¹) Séance du 3 août 1931.

(²) *Mémoire sur le problème des trois corps* (*Acta mathematica*, 36, 1912, p. 105-179).

dans une bande de largeur 2Ω, comprise entre deux droites parallèles à l'axe réel et symétrique par rapport à cet axe. En introduisant la variable θ par la transformation de Poincaré

$$\omega = \frac{2\Omega}{\pi} \log \frac{1+\theta}{1-\theta},$$

ces quantités, ainsi que ω, sont développables suivant les puissances de θ, si $|\theta| < 1$. Et les valeurs réelles de θ entre -1 et $+1$ correspondent aux valeurs réelles de t entre $-\infty$ et $+\infty$. Les constantes l, Ω se déterminent par des formules appropriées dès que l'on se donne les coordonnées et les vitesses des corps pour un instant donné.

Dans le cas général les séries en ω et en θ sont très compliquées. On peut se demander si elles convergent assez rapidement pour présenter un réel intérêt pratique. Pour avoir une idée de la convergence de ces séries, prenons un cas où elles peuvent s'obtenir immédiatement : c'est le cas où l'on connaît la solution rigoureuse du problème des trois corps pour tous les temps, le cas du triangle équilatéral de Lagrange. Alors, en calculant les constantes l, Ω et en substituant à la variable t la variable θ, on obtient immédiatement les séries cherchées.

Soient trois corps P_0, P_1, P_2 dont les masses sont m_0, m_1, m_2. Soient x, y, z les coordonnées de P_1 par rapport à P_0 et ξ, η, ζ les coordonnées de P_2 par rapport au centre de gravité de P_0 et P_1.

En choisissant comme unité de distance l'unité astronomique, comme unité de masse la somme des masses Soleil-Terre-Lune et en prenant la constante de Gauss $k=\sqrt{f}=1$, on trouve que l'année sidérale est égale à 2π. Prenons

$$m_0 = m_1, \qquad m_0 + m_1 + m_2 = M = 1.$$

Soit pour $t_0 = 0$:

$$x_0 = 1, \quad y_0 = 0, \quad z_0 = 0; \quad \xi_0 = 0, \quad \eta_0 = \frac{\sqrt{3}}{2}, \quad \zeta_0 = 0;$$

$$(x'_t)_0 = 0, \quad (y'_t)_0 = 1, \quad (z'_t)_0 = 0; \quad (\xi'_t)_0 = -\frac{\sqrt{3}}{2}, \quad (\eta'_t)_0 = 0, \quad (\zeta'_t)_0 = 0.$$

Dans ces conditions,

$$r_0 = r_1 = r_2 = 1; \quad x = \cos t, \quad y = \sin t, \quad z = 0;$$

$$\xi = \frac{\cos t}{2} - \sin\left(t + \frac{\pi}{6}\right), \quad \eta = \frac{\sin t}{2} + \cos\left(t - \frac{\pi}{6}\right), \quad \zeta = 0;$$

le triangle reste invariable et chaque corps décrit par rapport à chacun des autres un cercle de rayon égal à 1 avec la vitesse 1.

Nous nous proposons maintenant de développer, par la méthode de Sundman, le temps t et les coordonnées x, y du corps P_1 en séries valables pour tous les temps, ordonnées suivant les puissances de θ.

Γ étant constant dans ce cas particulier, on a

$$t = \Gamma\omega;$$

par conséquent,

$$t = \frac{\Gamma 2\Omega}{\pi} \log\frac{1+\theta}{1-\theta} = A \log\frac{1+\theta}{1-\theta}$$

et les séries cherchées sont

$$(1) \qquad t = 2A\left(\theta + \frac{\theta^3}{3} + \frac{\theta^5}{5} + \ldots + \frac{\theta^{2n+1}}{2n+1} + \ldots\right);$$

$$(2) \qquad x = 1 - \frac{t^2}{2!} + \frac{t^4}{4!} + \ldots$$

$$= 1 - 2A^2\theta^2 - \left(\frac{4}{3}A^2 - \frac{2}{3}A^4\right)\theta^4 - \left(\frac{46}{45}A^2 - \frac{8}{9}A^4 + \frac{4}{45}A^6\right)\theta^6 - \ldots;$$

$$(3) \qquad y = t - \frac{t^3}{3!} + \ldots = 2A\theta + \left(\frac{2}{3}A - \frac{4}{3}A^3\right)\theta^3 + \left(\frac{2A}{5} - \frac{4}{3}A^3 + \frac{4}{15}A^5\right)\theta^5 + \ldots.$$

Les constantes l et Ω sont des fonctions de $\frac{M}{m}$, m étant la plus petite des trois masses. Nous considérerons trois cas : 1° $\frac{M}{m} = 200$; 2° $\frac{M}{m} = 10$; 3° $\frac{M}{m} = 3$.

En calculant l et Ω pour ces trois cas, on trouve respectivement :

$$A_1 < 22 \times 10^{-10}; \qquad A_2 < 13 \times 10^{-7}; \qquad A_3 < 3 \times 10^{-6}.$$

La *Connaissance des Temps* donne les coordonnées rectilignes du Soleil avec *sept* décimales. Supposons qu'on veuille calculer x avec *une* décimale exacte pour l'époque $t = 1$, c'est-à-dire dans 2 mois, à peu près. On trouve alors qu'il faut calculer, dans la série (2), un nombre de termes qui, pour chacun des trois cas ci-dessus, dépasse les valeurs

$$10^{15.10^7}, \quad 10^{2.10^5}, \quad 10^{10^5}.$$

Ce résultat tient à l'extrême petitesse de 2Ω, largeur de la bande de convergence des séries de Sundman dans l'exemple considéré. Et pour $t = 1$ on a dans nos différents cas :

$$1 > \theta_1 > 1 - \frac{2}{10^{10^8}}; \qquad 1 > \theta_2 > 1 - \frac{2}{10^{2.10^5}}; \qquad 1 > \theta_3 > 1 - \frac{2}{10^{10^5}};$$

la valeur de θ est donc très voisine de 1 et les séries pour $\theta = 1$ sont divergentes.

On voit donc, tout au moins dans le cas particulier que nous avons envisagé, l'extrême lenteur de la convergence des séries en question, sans qu'il en soit, bien entendu, nécessairement de même dans des cas plus généraux.

ACOUSTIQUE. — *Sur la vitesse de propagation des sons musicaux.* Note (¹) de MM. **R. de la Boulaye** et **G. Balme**, transmise par M. Brillouin.

M. Th. Vautier a exposé dans diverses Notes (²) les principaux résultats qu'il a obtenus au cours de ses expériences de Lyon de 1923; ces Communications se rapportent à la propagation, dans une conduite de 1^m de diamètre, de diverses ondes produites par des explosifs ou des décharges électriques.

Mais sa mort est survenue avant que la lecture des enregistrements photographiques concernant les sons musicaux ait pu être achevée. Cette Note a pour but de compléter la série des Notes antérieures en faisant connaître les derniers résultats des expériences de notre Maître regretté.

Les sons musicaux, pizzicati de la contrebasse à cordes et du violoncelle, ont été enregistrés au moyen de microphones placés au centre de la conduite, montage identique à celui qui a été utilisé pour les ondes très courtes produites par les décharges électriques. Les expériences ont eu lieu sur la section de $207^m,45$. La note la plus grave est le mi_{-1} de la contrebasse à cordes et la plus élevée est le mi_4 du violoncelle. Les résultats obtenus sont résumés dans un tableau qui comprend pour chaque note :

1° La durée moyenne t, en millièmes de seconde, du double parcours de la conduite.

2° La vitesse correspondante V dans la conduite.

3° La fréquence N mesurée sur les enregistrements.

4° La vitesse à l'air libre a, en faisant la correction de l'influence des parois par la formule classique

$$V = a\left(1 - \frac{\gamma}{2R\sqrt{\pi N}}\right);$$

γ est le coefficient de Kirchhoff que nous prenons égal à 0,62; cette valeur

(¹) Séance du 3 août 1931.

(²) *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 256; **180**, 1925, p. 1919; **181**, 1925, p. 174 et 1055; **182**, 1926, p. 51; **183**, 1926, p. 1267 et 1335; **184**, 1927, p. 76; **189**, 1929, p. 1253.

expérimentale a été déterminée par l'étude de la variation de la pression maximum sur nos enregistrements interférentiels d'ondes explosives ([1]).

Notes.	t.	V.	N.	a.
		m	v.d.	m
Mi_{-1}......	1208,97	343,18	41,0	343,37
Ut_1.......	1208,92	343,20	62,2	343,35
$Ré_1$.......	1208,88	343,21	71,7	343,35
Sol_1......	1208,85	343,22	96,8	343,34
$Ré_2$.......	1208,81	343,23	144,9	343,33
Sol_2......	1208,74	343,25	193,4	343,34
La_2.......	1208,87	343,24	206,0	343,30
Mi_3.......	1208,67	343,27	322,1	343,34
La_3.......	1208,57	343,30	435,4	343,35
Mi_4.......	1208,52	343,31	649,4	343,36

Les résultats précédents montrent que :

1° La vitesse des sons musicaux dans la conduite dépend de leur fréquence et croît à mesure que la hauteur du son s'élève;

2° La vitesse des sons musicaux à l'air libre est constante et égale à 343^{m},34 dans les conditions d'expérience.

Nous avons comparé les vitesses des sons musicaux avec celles des ondes explosives très courtes produites avec l'amorce du pistolet. Deux expériences effectuées avec ces amorces immédiatement après, c'est-à-dire dans les mêmes conditions atmosphériques, nous ont donné une vitesse de 343^{m},18 égale à celle du mi_{-1}.

En utilisant les indications des thermomètres et hygromètres enregistreurs placés dans la conduite (l'atmosphère n'était pas saturée dans cette courte section), nous pouvons ramener à 0°sec les nombres précédents. La vitesse des sons musicaux à l'air libre est alors de 330^{m},73.

Nous avons pu faire quelques enregistrements du sol_{-1} de la contrebasse en cuivre sur la section de 529^{m},87. Après correction à 0°sec et à l'air libre, la vitesse mesurée est de 330^{m},79. C'est la valeur moyenne à laquelle les corrections à l'air libre ont ramené les vitesses des ondes explosives enregistrées dans cette section.

([1]) Th. Vautier, *Annales de Physique*, 10e série, 14, 1930, p. 423.

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Variation dans le spectre de la sensibilité des cellules au protoxyde de cuivre.* Note [1] de MM. **Pierre Auger** et **Charles Lapicque**, présentée par M. Jean Perrin.

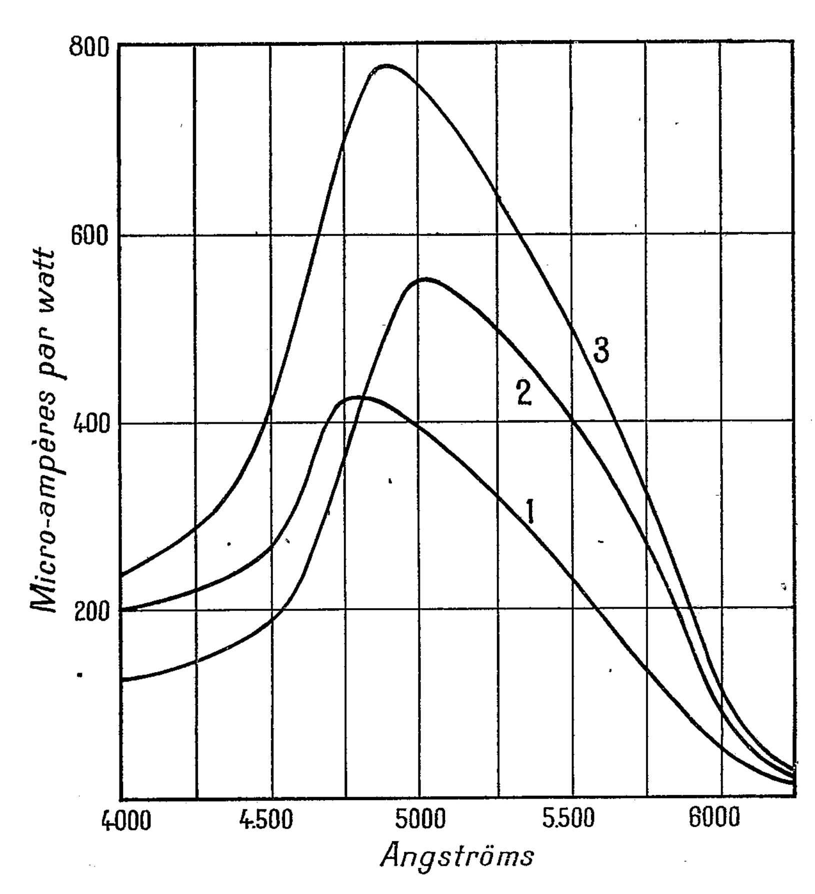
1. Les cellules photo-électriques dont il s'agit ici sont constituées par une plaque de cuivre recouverte d'une couche de protoxyde de cuivre Cu^2O, cette couche étant elle-même recouverte d'une pellicule métallique transparente obtenue par pulvérisation cathodique. Si l'on éclaire la surface ainsi réalisée, il se développe entre le cuivre et la pellicule métallique une force électromotrice, et si les électrodes sont reliées à un galvanomètre celui-ci indique le passage d'un courant allant du cuivre vers la pellicule transparente et proportionnel, dans de larges limites, à l'intensité de la lumière incidente. Ces phénomènes ont été étudiés surtout par Lange et Schottky. La résistance intérieure de cette sorte de pile photo-électrique est de l'ordre de 1000 ohms. Les galvanomètres utilisés au cours de cette étude avaient des résistances faibles vis-à-vis de celle-là : dans ces conditions on peut définir la sensibilité de l'appareil par le rapport du courant obtenu à la puissance du faisceau lumineux (en microampères par watts, par exemple) : cette puissance étant mesurée par une pile thermo-électrique. La sensibilité absolue des diverses cellules étudiées était assez variable, dépendant de l'épaisseur de la couche d'oxyde et de la pellicule métallique; la sensibilité relative aux différentes radiations du spectre s'est montrée au contraire bien définie. De plus, pour une cellule donnée, la variation dans le temps est faible et lente.

2. L'étude de la sensibilité a été faite en utilisant comme source l'arc au charbon, et comme appareil dispersif le monochromateur de Hilger. Chaque bande spectrale sélectionnée était envoyée successivement sur la pile thermo-électrique et sur la cellule, de manière à obtenir le rapport qui définit la sensibilité. Comme le montrent les courbes 1 et 2, on voit que la sensibilité, qui est déjà notable dans le violet extrême, croît rapidement jusqu'à un maximum situé vers 5000 Å puis tombe à une valeur très faible, de l'ordre du millième du maximum, qu'elle conserve jusqu'au delà de 8500 Å.

---

[1] Séance du 20 juillet 1931.

[D'ailleurs entre 5750 et 6500 Å intervient un effet photo-électrique du sens inverse qui se produit sur la surface de séparation de la plaque de cuivre et de l'oxyde, cette surface pouvant être atteinte par la lumière jaune et rouge



grâce à la transparence de l'oxyde Cu^2O pour ces radiations. Cet effet inverse peut être étudié séparément avec une cellule où l'électrode métallique transparente est remplacée par une grille de cuivre appliquée sur l'oxyde; il a toujours une valeur faible et présente un maximum vers 6100 Å.]

3. Les courbes obtenues avec des cellules à pellicule d'or ou d'argent ne sont pas identiques. Les maxima sont décalés de 250 Å environ, soit 4750 Å pour l'argent et 5000 Å pour l'or. De plus les cellules à l'or sont relativement moins sensibles dans la partie violette du spectre.

Nous avons songé à attribuer ces différences aux différences de transpa-

rence des métaux servant d'électrode mince, la lumière n'atteignant la surface active de l'oxyde qu'après avoir perdu une partie de son énergie dans cette électrode. Pour tenir compte de cette absorption il faut rapporter la sensibilité à la puissance du rayonnement après le passage à travers la pellicule métallique.

Nous avons réalisé sur du verre des pulvérisations d'or ou d'argent identiques (faites simultanément) à celles des cellules étudiées; ces couches ont été soumises à des mesures de coefficient de transmission, compte tenu de leur support, dans tout le spectre, avec l'aide de la pile thermo-électrique. Il a suffi alors de multiplier dans chaque bande spectrale la puissance lumineuse incidente par ce coefficient pour avoir la puissance utile dans l'effet photo-électrique.

4. Il est remarquable que les courbes de sensibilités vraies ainsi obtenues sont très voisines pour toutes les cellules étudiées, si l'on tient compte de la valeur absolue de leur sensibilité maximum. Ainsi les cellules types à l'argent et à l'or qui ont donné les courbes brutes 1 et 2 donnent des courbes vraies superposables : courbe 3. Cette courbe semble donc représenter la variation dans le spectre de la propriété photo-électrique de l'oxyde de cuivre, les électrodes minces qui le recouvrent servant à drainer les électrons libérés, et n'influant pas par leur nature sur le phénomène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Constitution de l'éther méthylique du butylmétacrésol et de son dérivé dinitré : le musc ambrette.* Note [1] de MM. **G. Darzens** et **André Lévy**, présentée par M. Béhal.

On utilise en parfumerie, sous le nom de *musc ambrette*, un dérivé nitré de l'éther méthylique du butylmétacrésol, présentant une forte odeur très spéciale d'ambre et de musc, qui a été découvert par A. Baur et considéré tout d'abord comme étant un dérivé trinitré [2].

Il fut établi par la suite que ce corps n'était qu'un dérivé dinitré de formule globale

$$C^6H(CH^3)(OCH^3)(NO^2)^2\left(C\begin{matrix}\diagup CH^3\\ -CH^3\\ \diagdown CH^3\end{matrix}\right) \quad (^3),$$

[1] Séance du 3 août 1931.

[2] A. Baur, brevet allemand 62302 du 14 août 1891 et *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, 27, 1894, p. 16.

[3] Ulmann, *Enzyklopedie der technischen Chemie*, 1re édition, 9, 1921, p. 615.

et H. Barbier [1] lui attribua, d'après une Communication privée de Baur-Thurgau, une constitution représentée par la formule (II) le faisant dériver d'un éther méthylique du butylmétacrésol de formule (I)

(I). → (II). (III). → (IV).

Cette constitution fut mise en doute par J.-G. Kerkhoff [2] qui proposa pour l'éther et le musc les formules (III) et (IV) :

Aucune de ces formules, qui ne reposent que sur des raisonnements d'analogie et non sur des faits expérimentaux, ne représente, d'une façon satisfaisante les propriétés de ces corps et les particularités rencontrées dans leur préparation. Ces considérations nous ont amené à reprendre l'étude de ces composés afin d'en établir la constitution d'une façon définitive. Ce travail, que nous résumons ici, nous amène à assigner à l'éther du butylmétacrésol, générateur du musc ambrette, la formule (V) et, par suite, au musc ambrette la formule (VI)

(V). → (VI).

L'éther méthylique du butylmétacrésol est décrit dans les ouvrages classiques comme étant un liquide distillant à 223° sous 760^{mm} obtenu par l'action du chlorure d'isobutyle ou du chlorure de butyle tertiaire sur l'éther méthylique du métacrésol. Sa nitration, qui s'effectue à basse température (— 15°) a l'aide d'un mélange d'acide nitrique et d'anhydride acétique, ne donne le musc ambrette qu'avec un rendement ne dépassant pas 50 p. 100; enfin, son acétylation par l'action du chlorure d'acétyle en présence de chlorure d'aluminium donne, d'après Barbier, un dérivé acétylé fondant à 91°.

(1) H. Barbier, *Helvetica chimica acta*, 11, 1928, p. 152.

(2) J. G. Kerkhoff, *Recueil Travaux chimiques des Pays-Bas*, 48, 1929, p. 251.

Reprenant la préparation de cet éther méthylique du butylmétacrésol, nous avons trouvé qu'en l'effectuant exclusivement avec le chlorure de butyl tertiaire, à basse température, et avec de faibles quantités de chlorure d'aluminium, il était possible d'obtenir un éther méthylique du butylmétacrésol cristallisable, pouvant être purifié par cristallisation et fondant à 23°,4.

Ce corps pur donne alors des rendements élevés à la nitration pourvu qu'elle soit effectuée à basse température (— 15°) afin d'éviter la débutylation de la molécule par l'acide nitrique et il donne de même, par l'action du chlorure d'acétyle, le dérivé acétylé fondant à 91° avec un rendement théorique; c'est donc bien le générateur du musc ambrette.

Le point de fusion relativement élevé de 23°,4 pour un tel corps nous ayant fait supposer que le groupe butyl tertiaire devait vraisemblablement se trouver en position para par rapport au groupe méthoxy (OCH^3) et non en position ortho comme le supposent Barbier et J.-G. Kerkhoff, nous avons été amené à réalyser la synthèse de ce corps par une autre voie ne laissant pas de doute sur cette constitution.

Nous avons à cet effet pris comme point de départ le dérivé parabromé de l'éther méthylique du métacrésol décrit par nous dans une précédente Note [1].

Par l'action du magnésium en présence d'éther anhydre nous en avons préparé le dérivé organomagnésien de Grignard et ce dernier a enfin été traité par le bromure de butyle tertiaire en vue de remplacer le groupe MgBr par $C(CH^3)^3$, réactions qui nous ont donné sans doute possible un corps de formule V suivant le schéma :

OCH^3 / CH^3 / Br → OCH^3 / CH^3 / $MgBr + BrC(CH^3)^3$ → OCH^3 / CH^3 / $C(CH^3)^3$ (V). → OCH^3 / $CH^3—CO$ / CH^3 / $C(CH^3)^3$ (VII).

Le corps ainsi obtenu avec un rendement satisfaisant s'est montré identique au générateur du musc ambrette. Après cristallisation il fond à 23°,4, donne par nitration le musc ambrette fondant à 85° et par acétylation le dérivé acétylé fondant à 91° auquel nous assignons la formule (VII).

---

(1) G. Darzens et André Lévy, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 292.

Cette nouvelle formule (VI) de constitution du musc ambrette est en parfait accord avec toutes les particularités que présente ce corps : odeur spéciale due à la position ortho des deux groupes NO^2 par rapport au groupe OCH^3 ; nécessité d'utiliser pour la nitration l'acide nitrique en présence d'anhydride acétique qui, d'après A. Piclet, favorise la position ortho ; enfin débutylation facile pendant la nitration, le groupe butyle ayant la position d'élection du groupe NO^2 qui tend à se substituer à lui. Un Mémoire plus détaillé sur ce travail paraîtra dans un autre recueil.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Combinaison de la globine avec des hématines d'origines diverses.* Note [1] de MM. **Jean Roche** et **Albert Bendrihem**, présentée par M. A. Desgrez.

La globine extraite de l'hémoglobine du sang se combine à l'hématine de même origine, pour donner naissance à la méthémoglobine, par simple mélange des solutions faiblement alcalines de ces deux corps.

Si l'on fait réagir de l'hématine réduite avec la globine, on obtient, dans les mêmes conditions, de l'hémoglobine, que l'agitation au contact de l'air transforme en oxyhémoglobine. Ces faits, mis en évidence par Bertin-Sans et Moitessier, ont fait l'objet de nombreuses controverses jusqu'à leur confirmation définitive par les travaux de Hill et Holden, de Keilin, de J. Roche.

Or on rencontre, dans la nature, des hématines en dehors du pigment sanguin, à savoir : à l'état libre dans presque toutes les cellules (Keilin), combinées soit à une protéine, comme dans l'hémoglobine musculaire, soit à des corps de nature encore indéterminée; tel est le cas du cytochrome, pigment respiratoire intracellulaire commun à tous les êtres vivants (Keilin) et celui de l'hélicorubine, pigment du foie et de la bile d'escargot (Dhéré et Vegezzi). Ces hématines sont-elles identiques à celle du sang, peuvent-elles se combiner à la globine, et, dans ce cas, observe-t-on la formation d'hémoglobine ?

Nous avons récemment [2] réussi à combiner l'hématine du pigment musculaire à la globine du sang et l'hématine du sang à une globine extraite du muscle. C'est là un nouvel argument en faveur de l'identité de ces deux hématines, possédant le même noyau porphyrique (Mörner, H. Fischer).

---

(1) Séance du 3 août 1931.

(2) J. Roche et A. Bendrihem, *C. R. Soc. Biol.*, 107, 1931, p. 639.

Mais les hématines qui, dans la nature, ne sont pas combinées à la globine sont-elles un pigment d'un type différent ou faut-il les identifier aux précédentes? Certains faits sont favorables à cette dernière opinion; la possibilité d'obtenir de l'hémochromogène ordinaire et de l'hématoporphyrine à partir de l'hélicorubine (Dhéré et Vegezzi), de la levure (Fischer et Hilger, Kellin, Schumm), du cytochrome (Kellin) est le plus important d'entre eux. Le but de cette Note est de montrer que les hématines dérivant de ces corps sont aptes à se combiner à la globine, dans les mêmes conditions que le groupement prosthétique du pigment sanguin, pour donner naissance à l'hémoglobine.

Nous avons employé pour ces expériences de la globine préparée à partir d'hématies de cheval laquées, traitées par la méthode d'Hamsik (1).

L'hématine de l'hélicorubine a été isolée de la bile d'escargot par la méthode de Dhéré et Vegezzi (2) complétée par quelques opérations simples en vue de l'obtention d'un produit sec. La levure nous a servi de source pour l'hématine du cytochrome, que nous avons obtenu mélangée à celle présente à l'état libre dans les cellules, en opérant suivant une technique indiquée par Fischer et Hilger (3). L'hématine du cytochrome *c* a été préparée en traitant une préparation sèche de ce dernier corps (4) par de l'alcool contenant 2 pour 100 de SO^4H^2, et en évaporant au bain-marie la solution alcoolique du pigment neutralisée à l'aide de CO^3Ba.

Dans les trois cas, l'hématine extraite de l'hélicorubine, de la levure ou du cytochrome *c* s'est combinée à la globine pour régénérer un pigment spectroscopiquement identique à celui du sang, et donnant naissance, par les procédés habituels, aux dérivés de celui-ci : oxyhémoglobine, méthémoglobines, fluorométhémoglobine, carboxyhémoglobine (5).

---

(1) A. Hamsik, *Ztsch. f. physiol. Chem.*, **187**, 1930, p. 229-237.

(2) C. Dhéré et G. Vegezzi, *Journ. Physiol. et Pathol. gen.*, **17**, 1917, p. 44-66.

(3) Fischer et J. Hilger, *Ztsch. f. physiol. Chem.*, **138**, 1924, p. 288-306.

(4) D. Keilin, *Proc. Roy. Soc.*, B, **106**, 1930, p. 418-444.

(5) En ce qui concerne le cytochrome *c*, Hill et Keilin sont arrivés, au cours même de l'exécution de notre travail (*Proc. Roy. Soc.*, B, **107**, 1930, p. 286-292) aux conclusions suivantes. Ce pigment donne naissance par action d'HBr et de $CH^3.COOH$ à l'hémotoporphyrine, comme l'hématine du sang. Mais sous l'action d'HCl et de SO^2, il se forme une porphyrine, antérieurement inconnue, dont la combinaison ferrique traitée par la pyridine et l'hydrazine présente non pas le spectre de l'hémochromogène ordinaire, comme le dérivé ferrique de l'hématoporphyrine, mais le spectre du cytochrome dans le même milieu. Cette porphyrine nouvelle est le véritable noyau de l'hématine du cytochrome *c*; l'hématine ordinaire et l'hématoporphyrine obtenues à partir de celui-ci sont des produits de la transformation de cette hématine.

L'hématine, ou plus exactement des corps donnant naissance sous l'action des acides au groupement prosthétique du pigment sanguin, existent donc dans la nature chez des animaux dont l'hémoglobine n'est pas le pigment respiratoire, comme l'escargot, et dans des cellules végétales dépourvues de chlorophylle, comme les levures.

L'universalité de sa répartition ne doit pas être sans relation avec le rôle important des combinaisons tétrapyrroliques du fer dans les oxydations cellulaires.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Le glycogène du foie et du muscle chez le chien néphrectomisé.* Note (1) de M. **F. Rathery**, Mlles **S. Gibert** et **Y. Laurent**, présentée par M. A. Desgrez.

Nous avons recherché les modifications du glycogène du foie et du muscle chez le chien ayant subi une double néphrectomie. On sait que la survie de ces animaux ne dépasse pas 2 à 3 jours. Nous avons prélevé du foie et du muscle avant la néphrectomie et 2 jours après; nous avons fait de même pour le sang. On sait que, dans cet état, l'azotémie s'élève considérablement; elle passe de 0g,30 à 3g et 4g pour 1000. La glycémie subit des modifications variables, toujours peu intenses : sur nos six animaux, elle s'est élevée quatre fois (de 0g,05 à 0g,45 pour 1000) très légèrement, elle s'est abaissée deux fois (de 0g,50 environ).

Les modifications du glycogène du foie sont remarquables; chez quatre animaux la baisse a été très forte :

Avant (pour 100).....	2g,03	4g	2g,69	1g,49
Après (pour 100).....	0g,11	0g,17	0g,09	0g,38

Chez un animal qui était azotémique avant l'intervention et qui présentait de la néphrite, le glycogène hépatique qui, primitivement, était très bas, n'a pas été modifié.

Chez un sixième enfin, le glycogène du foie s'est légèrement élevé (1,15-1,41).

Les modifications du glycogène du muscle ont été étudiées sur deux muscles symétriques de la cuisse. Chez les six animaux, le glycogène du muscle était sensiblement au même taux 0,35 à 0,50 pour 100; cinq fois, il s'est

(1) Séance du 3 août 1931.

abaissé nettement, même chez le chien dont le glycogène hépatique n'avait pas varié. Une fois, il a augmenté légèrement (0,34-0,43), bien que le glycogène du foie ait diminué.

En étudiant l'état de l'humidité des tissus avant et après, on constate, pour le foie comme pour le muscle, que, quatre fois sur six, la rétention d'eau tissulaire s'abaisse.

Nous avons complété nos expériences en recherchant, chez quatre autres animaux, l'effet des injections de phlorizine chez l'animal néphrectomisé. On sait que, chez l'animal normal, la phlorizine fait disparaître presque complètement le glycogène du foie et abaisse considérablement le glycogène du muscle. Il était intéressant de se rendre compte de ce que pouvait donner la suppression de la sécrétion rénale. L'urée s'éleva aux taux habituels dans ces cas, la glycémie s'éleva légèrement chez deux animaux et s'abaissa légèrement chez deux autres. Chez l'un de ces animaux, nous avions, 8 jours avant, recherché l'effet de la phlorizine sur la glycémie sanguine; l'effet fut identique avec ou sans reins, on constata un abaissement de 0,15 à 0,19. Chez ces animaux, le foie, comme normalement, recharge en sucre le sang de la veine sus-hépatique (V. porte 1,22; V. sus-hépatique 1,67).

Le glycogène du foie est fortement abaissé chez les quatre animaux, le glycogène du muscle l'est également, mais moins. Quant à l'imbibition aqueuse, elle reste pour le foie sensiblement identique, plutôt légèrement abaissée, et, pour le muscle, elle s'abaisse légèrement une fois et s'élève fortement deux autre fois.

Conclusion. — La suppression de la sécrétion rénale par néphrectomie double ne modifie que peu la glycémie; par contre elle abaisse le plus souvent considérablement le glycogène hépatique et musculaire; l'injection de phlorizine à ces animaux ne modifie pas les réactions précédentes.

La séance est levée à 15h35m. A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juin 1931 (*suite et fin*).

Jac. Berzelius Levnadsteckning, par H. G. Söderbaum. Uppsala, Almquist et Wiksells Boktryckeri A.-B., 1931; 1 vol. 26cm,5.

A la mémoire du professeur Rateau. Séance solennelle consacrée au professeur Auguste Rateau. Inauguration d'un monument à la mémoire du grand savant. Paris, Imprimerie L. Hardy, 1931; 1 fasc. 27cm.

Le sang. Système physico-chimique, par L. J. Henderson, traduit de l'anglais par C. van Caulaert et A. Roche. Paris, Les Presses universitaires de France, 1931; 1 vol. 24cm,5.

Terres françaises inconnues. Iles Kerguélen, Crozet, Saint-Paul-Amsterdam, par Edgar Aubert de La Rüe. Paris, Société parisienne d'édition. 1930; 1 vol. 21cm.

The National Geological Survey of China 1916-1931. *A Summary of its work during the first-fifteen Years of its Establishment.* Peiping, 1931; 1 fasc. 22cm,5.

Géologie des Rheinfalls, par Albert Heim. Schaffhausen, Carl Schoch, 1931; 1 vol. 23cm,5.

La fonte, par G. Collet et Pierre Dibos, précédé d'un *Aperçu sur la métallographie des fontes*, par Albert Portevin. In *Grandes Encyclopédies industrielles.* Paris, Baillière et fils, 1931; 1 vol. 23cm.

Les Observatoires astronomiques et les astronomes, par P. Stroobant, J. Delvosal, E. Delporte, F. Moreau, H. L. Vanderlinden. Paris-Tournai, Établissements Casterman. S.-A., 1931; 1 vol. 23cm,5.

ERRATA.

(Séance du 20 juillet 1931.)

Note de M. *Louis Glangeaud*, Sur la structure du massif primaire d'Alger.

Page 183, ligne 20, *au lieu de* contact normal, *lire* contact anormal.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 AOUT 1931.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale que la *Société Alzate*, fondée à Mexico en 1884, et dont font partie plusieurs de nos confrères, vient d'être transformée en « Academia Nacional de Ciencias Antonio Alzate ».

Il lui a envoyé les félicitations de notre Académie.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur les nitrates de chaux industriels.* Note de M. **Camille Matignon**.

Dans une Communication récente : *Sur quelques propriétés des nitrates commerciaux* [1], j'ai montré que les nitrates de chaux, fabriqués aujourd'hui en grand par l'industrie, ne présentent pas de danger dans leur transport ou leur magasinage. Ils peuvent être également chauffés sans inconvénient, à moins qu'ils ne soient mélangés avec une matière combustible; ils se distinguent ainsi nettement du nitrate d'ammoniaque.

Un violent incendie, qui s'est déclaré récemment à Oslo dans un grand magasin en bois contenant du fourrage et des engrais, apporte une confirmation de mes conclusions.

L'entrepôt renfermait 700 sacs de nitrate de chaux à 15,5 pour 100 d'azote, soit donc 70 tonnes réparties en trois lots différents. L'un de ces lots, par suite de la chute de poutres et boiseries enflammées, fut en contact direct avec les matières en combustion; les deux autres subirent seulement

---

[1] *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 777.

l'influence de la chaleur radiée et les sacs supérieurs enveloppant le nitrate furent carbonisés et détruits. Dans le premier cas, la combustion au-dessus du nitrate ne manifesta aucune activité particulière et le travail d'extinction en cet endroit ne fut pas plus difficile.

Le nitrate de chaux ne peut être vraiment dangereux dans ces conditions que s'il est mélangé avec la matière combustible. L'endothermicité de sa décomposition joue le même rôle que la chaleur de vaporisation de l'eau et en fait un extincteur quand la combustion reste à la surface d'une masse de nitrate.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la production expérimentale des Blés Epeautres* (Triticum Spelta *L.*) *à partir d'une plante sauvage* (Ægilops ventricosa *Tausch*). Note [1] de M. **L. Blaringhem.**

O. Stapf vers 1910 a admis, d'après l'anatomie comparée des rachis et des glumes, que les Epeautres cultivés étaient étroitement apparentés à une herbe sauvage des côtes de la Méditerranée, l'*Ægilops cylindrica* Host; on n'a pas réussi l'hybridation artificielle de cette espèce dont les épis filiformes sont très fragiles. En 1925 [2] j'ai signalé à l'Académie, puis décrit [3] avec détails les conditions à remplir pour obtenir une descendance de l'hybride, réalisé par moi pour la première fois : *Ægilops ventricosa* Tausch × *Triticum turgidum* L. var. B. Les plantes (F_1) ne donnèrent que des pollens avortés, mais quelques grains furent obtenus par l'apport de pollen *turgidum* dans les fleurs des rejets tardifs. L'hybride définitif (*Ægilops ventricosa* × *Tr. turgidum*) × *Triticum turgidum* ne fournit que deux plantes, autofertiles cette fois, et une descendance d'abord à épis grêles et fragiles, puis à épis bien conformés et à rachis solides. Par une sélection sévère au cours de cinq générations (1926 à 1930) j'ai pu fixer une vingtaine de lignées qui répondent par l'ensemble des caractères des chaumes, des épis, des épillets et des glumes à la définition des Epeautres.

Les efforts tentés pour obtenir des retours soit à l'*Ægilops*, soit au *Triticum turgidum*, ont échoué. En combinant les semailles de printemps néces-

(1) Séance du 10 août 1931.

(2) *Sur un nouvel hybride fertile d'*Ægilops *et de Blé* (*Comptes rendus*, 181, 1925, p. 807).

(3) *Bulletin biologique France et Belgique*, 60, 1926, p. 343-368 et *Bulletin Soc. bot. France*, 72, 1926, p. 693-699.

saires aux *Ægilops* sous le climat de Paris et les semailles d'automme indispensables pour une récolte normale des *turgidum* B, se sont différentiées trois séries de pédigrées dont deux correspondent assez exactement aux deux sections admises dans la classification des *Triticum Spelta* L. et la troisième, nouvelle et bien distincte par ses épillets donnant 3, 4 et même parfois 5 grains, par sa paille plus haute et plus remplie, constitue le groupe *Triticum Spelta* L. sect. *polycoccum* mihi.

Dans la classification des *Triticum*, le port et les chaumes, la forme des épis et surtout leur compacité, le nombre des fleurs et des grains par épillets sont les caractères les plus importants et les plus stables dont l'étude sur mon matériel va justifier ma conclusion.

La compacité des épis $D = 10a : l$, où a est le nombre des épillets insérés sur le rachis de longueur l cm, définit parfaitement l'épi serré des Blés Poulards (*Tr. turgidum* L.) avec des valeurs moyennes oscillant entre 26 et 40; le Blé deBourdon (*Tr. turgidum* var. B), utilisé dans mes expériences, est une lignée pédigrée de compacité moyenne 32-34, blé d'hiver à épis barbus et velus cultivé dans la Limagne, d'où cette sorte est originaire [L. Blaringhem, *L'amélioration des céréales d'Auvergne* (*A. F. A. S.*, Congrès de 1908, p. 1093-1104)].

L'*Ægilops ventricosa* Tausch est une plante naine des côtes de la Méditerranée, à épis lisses, presque imberbes sauf à la pointe, formés d'articles superposés qui se séparent à maturité entraînant chacun un épillet ventru renfermant deux fleurs, puis un ou deux grains; la compacité des épis limitée aux 4 à 6 articles fertiles oscille entre 8 et 11.

Tous les descendants de mon hybride (*Ægilops ventricosa* × *Tr. turgidum*) × *Tr. turgidum* ont offert une compacité comprise entre 10 et 20, avec, dans la plupart des cas, les traits essentiels des Blés Epeautres. En particulier, la glume tronquée évasée des Epeautres sans barbes [var. *album* de Körnicke ([1])] est l'un des caractères qui distingue deux lignées à épis imberbes, l'une glabre, l'autre velue, avec des compacités 14 et 19; d'autres lignées à épis très longs, gris bleu, glabres avec compacité 13, velus avec compacité 16, rentrent bien dans les types *amissum*, *neglectum* du même auteur et présentent la même particularité du développement de courtes arêtes à l'extrémité des épis, que l'on note aussi sur les épis d'*Ægilops ventricosa*. Dans cette section je fais rentrer : une lignée à barbes courtes tout le long de l'épi, à glumes tronquées et de compacité 18; une

([1]) Körnicke, *Handbuch d. Getreidebaues*, 1, 1889, p. 79 et suiv.

autre à glumes lisses et légèrement mucronées de compacité 13; une autre à glumes velues et mucronées de compacité 14; enfin une forme extrême à épis très longs, dépassant souvent 20cm, à glumes velues et barbes courtes, de compacité 11 et 12, compacité limite de l'épi *Ægilops ventricosa* maternel.

Dans la section des Epeautres barbus, j'ai isolé de même une suite de pédigrées stables, à glumes lisses ou velues, blanches, grises ou roussâtres, dont les compacités d'épis oscillent entre 13 et 19, qui correspondent assez exactement aux diagnoses des variétés de *Tr. Spelta* L., v. *Arduini*, *albovelutinum* et *cœruleum* de Körnicke, celles-ci à glumes non mucronées, et je dois y rattacher deux formes à glumes mucronées, l'une à épis lisses, de compacité 19, l'autre à épis velus de compacité 12. Toutes ces variétés, comme celles de la section précédente, ont des épillets pourvus de trois ou quatre fleurs, dont deux seulement, mais pas toujours, évoluent en grains. Il est donc permis de penser que l'*Ægilops ventricosa* Tausch a joué un rôle dans la production des Epeautres classiques, dont la culture remonte à l'ère romaine.

Les Blés de la troisième et nouvelle section, *Tr. Spelta* sect. *polycoccum*, se rattachent aux Epeautres barbus, mais les épis sont énormes, les chaumes très épais, et les barbes divergentes à maturité leur donnent un aspect singulier. Tous sont à barbes longues, à glumes velues et mucronées, dont la pointe en forme de lame de cimeterre peut atteindre la longueur de la glume. Le développement de 5 à 6 fleurs dans les épillets, suivi de la formation de 4 à 5 grains de belle taille, provoque l'écartement des barbes en éventail, maintient l'ouverture des glumes, et finalement donne des épis qui rappellent certains blés Froments (*Tr. vulgare* var. *Hostianum* Körn.) cultivés en Perse ou trouvés comme impuretés du célèbre Blé Karachié; mais ils en diffèrent par la compacité des épis qui oscille entre 13 et 16, alors qu'elle dépasse 20 chez les Froments et 30 chez les *turgidum*. Bref, tant par leur origine que par leurs caractères d'épis, ces nouveaux blés sont bien des *Epeautres*, mais ont des affinités avec d'autres espèces de blés cultivés.

On ne peut cependant méconnaître chez les types de la série *polycoccum* la transmission de certains traits qui dérivent incontestablement de l'ascendant *turgidum*, et d'ailleurs je les ai isolés précisément en m'efforçant de trouver dans la descendance de mon hybride des retours au progéniteur mâle. J'ai même espéré aboutir à ce retour à partir de la troisième génération; jusqu'en 1928 les épis de tous les descendants, toujours très longs, étaient minces en raison de l'incomplète fertilité des fleurs, les épillets ne

renfermant qu'un ou deux grains, parfois aucun. Mais la fertilité des lignées, choisies pour cette qualité, se fixe et s'accentue avec une rapidité étonnante; en 1929 je n'obtenais plus d'épis grêles que sur les rejets tardifs, et depuis, tous les épillets renferment 4 ou 5 grains.

Une conséquence heureuse en découle. Les Blés Epeautres, dont les grains sont très beaux, présentent deux défauts pour l'agriculteur; les épis se brisent facilement et les grains restent enfermés dans des glumes épaisses et serrées qui ne tombent pas au battage; les épis de mes nouveaux Blés ne se brisent pas, ce qui tient peut-être à leur culture sous un climat septentrional, et les grains s'échappent assez facilement des balles largement et progressivement écartées au cours de la formation des grains. Ceux-ci d'ailleurs, par leur forme triangulaire allongée, se distinguent nettement des grains des Epeautres comme de ceux des Froments et des Blés Poulards. Ils feront l'objet d'une étude détaillée.

En résumé, il est possible d'obtenir des Blés à grands rendements à partir d'une petite herbe sauvage *Ægilops ventricosa* fécondée par un Blé Poulard. Les descendants doivent être classés dans la catégorie des Epeautres; mais pour y faire rentrer tous les types, il est indispensable de ne plus limiter les *Triticum Spelta* L. aux Blés dont les épillets ne renferment que deux grains. Les Blés nouveaux de la section *Tr. Spelta polycoccum* se distinguent par un caractère inattendu qu'on ne rencontre que chez quelques Blés de l'Inde, de la Perse et de l'Abyssinie, qui n'est présenté ni par le parent Ægilops, ni par le Blé Poulard, à savoir des glumes fortement mucronées; ils diffèrent des Epeautres connus par le nombre des fleurs fertiles dans les épillets et par l'écartement considérable des glumes qui facilite la sortie des grains au battage.

On peut noter aussi :

1° La rapidité (trois générations) avec laquelle on passe d'un hybride intergénérique (*Ægilops* × *Triticum*) presque totalement stérile à des lignées aussi fécondes et prolifiques que les Blés de grande culture;

2° L'absence de retour aux parents et la réalisation immédiate d'un équilibre héréditaire unilatéral; tous les descendants sans exception de la combinaison Ægilops × Blé rentrent dans la catégorie des Blés.

L'individualité de la plante sauvage Ægilops a été complètement absorbée par la dominance des traits morphologiques du type cultivé, ce qui explique la difficulté que l'on éprouve dans la recherche des origines de nos Céréales. Par contre, la compacité des épis, rapport de nombres, reste bien voisine de celle de l'ascendant maternel, ce qui justifie l'importance accordée à ce caractère dans la diagnose des orges et des blés.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Géométrie affine des congruences de courbes*. Note (¹) de M. **Paul Delens**, transmise par M. Élie Cartan.

1. Nous avons (²) posé les bases de la théorie euclidienne des congruences; les résultats acquis faciliteront des études semblables, où l'on se placerait au point de vue d'une géométrie conforme, projective, ou affine.

En géométrie conforme, sont invariantes les lignes de courbure généralisées, définies par les directions des génératrices du cône de Malus normales au vecteur tangent $\mathbf{a}$: d'où la détermination de repères pentasphériques analogues à ceux employés pour la géométrie d'une surface. A la géométrie conforme appartiennent encore les congruences normales, orthoptiques, isotropes, les familles de surfaces de Lamé.

D'après sa définition même, le cône de Malus est invariant pour la géométrie projective, mais c'est à la géométrie affine que se rattachent les isoclines ($\mathbf{e}$), les congruences à surfaces isoclines. La direction du vecteur $\mathbf{w}$, polaire de la direction plane $[\mathbf{ea}]$ par rapport au cône de Malus, est aussi une notion affine; nous en déduirons, pour le cas général, un repère affin invariant.

Les nouvelles études indiquées pourront se faire par les méthodes propres aux disciplines en jeu, mais les comitants des géométries précitées restant des comitants euclidiens, il sera commode, pour les interpréter, d'aménager les formules relatives à la géométrie euclidienne : cet aménagement, particulièrement facile pour la géométrie affine, est déjà préparé dans nos Notes antérieures.

2. Substituons en effet au vecteur tangent unitaire $\mathbf{a}$ un multiple arbitraire $\mathbf{a}'=\lambda\mathbf{a}$; d'après $\mathcal{M}'=\lambda^2\mathcal{M}$, on obtient les vecteurs

$$(1)\qquad \mathbf{a}'=\lambda\mathbf{a},\quad \mathbf{w}'=\lambda^2\mathbf{w},\quad \mathbf{e}'=\lambda^3\mathbf{e}\quad \text{et}\quad [\mathbf{a}'\mathbf{w}'\mathbf{e}']=\lambda^6[\mathbf{awe}];$$

(¹) Séance du 10 août 1931.

(²) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 469, 791 et 1623; ces Notes seront développées dans un autre Recueil.

en normant par $\lambda^6[\mathbf{awe}] = \varepsilon \equiv \operatorname{sgn}[\mathbf{awe}]$, si $[\mathbf{awe}] \neq 0$, on obtient un repère affin invariant composé des vecteurs *normés* $\mathbf{a}'$, $\mathbf{w}'$, $\mathbf{e}'$ que nous désignerons dans la suite par $\mathbf{a}_0$, $\mathbf{a}_1$, $\mathbf{a}_2$, attachés aux *tangente*, *normale* (principale), *binormale affines* de la congruence; le cas exclu $[\mathbf{awe}] = 0$ est celui des congruences rectilignes, ou à surfaces isoclines, ou à isoclines tangentes en $\mathbf{m}$ au plan osculateur.

Les conditions $\operatorname{div} \mathbf{a}' = 0$, $\operatorname{div} \mathbf{w}' = 0$, $\operatorname{div} \mathbf{e}' = 0$, définiraient séparément des ensembles de vecteurs affins; les vecteurs $\mathbf{a}' = \lambda \mathbf{a}$ définis par la dernière sont ceux qui ne dépendent que de l'*orientation* de la tangente, ou de la représentation sphérique ou centrale de la congruence.

3. Dans l'espace affin dans lequel nous opérons, le déplacement du repère $\mathbf{ma}_0\mathbf{a}_1\mathbf{a}_2$ est défini, en posant $\mathbf{A}_i = [\mathbf{a}_j\mathbf{a}_k]$, $\omega_i = [d\mathbf{m}.\mathbf{A}_i]$, par

$$(2) \qquad d\mathbf{m} = \Sigma\omega_i\mathbf{a}_i, \qquad d\mathbf{a}_i = \Sigma\omega_{in}\mathbf{a}_n, \qquad d\mathbf{A}_i = -\Sigma\omega_{ni}\mathbf{A}_n$$

avec les conditions d'intégrabilité

$$(3) \qquad \omega'_i = -\Sigma[\omega_{ni}\omega_n], \qquad \omega'_{in} = \Sigma[\omega_{ip}\omega_{pn}]$$

($i, j, k, n, p = 0, 1, 2$; i, j, k, permutation circulaire de $0, 1, 2$).

Il est dès lors indiqué d'introduire une métrique euclidienne en considérant les vecteurs $\mathbf{a}_0$, $\mathbf{a}_1$, $\mathbf{a}_2$ comme unitaires et rectangulaires, c'est-à-dire de changer la connexion précédente de l'espace affin en une connexion euclidienne *sans torsion*, en posant

$$(4) \qquad \delta\mathbf{m} = d\mathbf{m}, \qquad \delta\mathbf{a}_i = \Sigma\varpi_{in}\mathbf{a}_n, \qquad \delta\mathbf{A}_i = -\Sigma\varpi_{ni}\mathbf{A}_i$$

et imposant aux nouvelles composantes ϖ_{in} les conditions d'alternance et d'intégrabilité *du déplacement ponctuel*

$$(5) \qquad \varpi_{ii} = 0, \qquad \varpi_{in} + \varpi_{ni} = 0, \qquad \omega'_i = -\Sigma[\varpi_{ni}\omega_n].$$

Comme l'a montré M. E. Cartan [1], le problème comporte une solution unique; ici nous calculerons les ϖ_{in} en fonction des ω_i, ω_{in} *connus*. Si le l'on pose $\varpi_{in} = \omega_{in} + \xi_{in}$, on obtiendra aussitôt les ξ_{ii}, $\xi_{in} + \xi_{ni}$, et le calcul se terminera par celui des $\xi_{in} - \xi_{ni}$.

Ce problème résolu, la géométrie affine des congruences est ramenée à une géométrie riemannienne; les modifications à apporter à la théorie euclidienne des congruences sont assez réduites et parfaitement connues.

---

[1] E. CARTAN, *Sur les équations de la gravitation d'Einstein* (*Journ. de Math.*, 1, 1922, p. 147-151); *Sur les variétés à connexion affine* (*Ann. Éc. Norm.*, 3e série, 40, 1923, p. 359).

4. On aurait pu traiter sous forme vectorielle le problème précédent, les dérivées extérieures étant remplacées par des rotationnels; la solution indiquée, d'après M. E. Cartan, comporte un calcul de coordonnées par rapport aux formes ω_i attachées aux bivecteurs $\mathbf{A}_i$. Or le calcul des rotationnels dans les repères mobiles suggère une solution uniquement vectorielle par l'intermédiaire d'une homographie auxiliaire; je crois intéressant de l'indiquer rapidement.

Il s'agit de résoudre le système de trois équations vectorielles, aux trois inconnues $\mathbf{x}_i$

$$\mathbf{a}_j \wedge \mathbf{x}_k - \mathbf{a}_k \wedge \mathbf{x}_j = \mathbf{b}'_i \tag{6}$$

(j'emploie le symbole $\wedge$ métrique, mais le système est de nature affine); en posant $\mathbf{x}_i = \mathcal{H}\mathbf{a}_i$, le système (6) devient

$$(\mathbf{a}_j \wedge \mathbf{a}_k) \times \mathcal{H}^* = \mathbf{b}'_i, \tag{7}$$

$\mathcal{H}^* \equiv \mathcal{H}_\times \mathcal{U} \dotplus \mathcal{H}$ étant l'homographie appelée *cyclique* de $\mathcal{H}$ par certains auteurs; d'où aussitôt $\mathcal{H}^*$, puis $\mathcal{H}$ et les $\mathbf{x}_i$.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur un nouveau principe d'hydraulique.* Note (1) de M. **Maurice Golaz**, présentée par M. Mesnager.

Dans ses recherches mathématiques sur l'écoulement en déversoir (2), M. Boussinesq a fait usage du principe du maximum de débit, posé par J.-B. Belanger vers 1850. Cependant les résultats numériques auxquels est parvenu ce regretté savant ne permettent pas de conclure avec certitude que c'est bien là l'expression du mécanisme qui règle ce cas particulier de mouvement varié.

Comme je l'ai montré dans un Mémoire (3), le postulat de Belanger ne commande en fait que le passage du régime tranquille au régime torrentiel, phénomène du mouvement graduellement varié qui se produit dans un canal rectiligne de largeur constante, soumis à l'influence d'une retenue amont et dont le profil longitudinal est une ligne de direction générale horizontale, mais convexe vers le haut.

(1) Séance du 10 août 1931.

(2) *Comptes rendus*, **105**, 1887, p. 17, 585, 632, 697; **119**, 1894, p. 589, 618, 663, 707, 771; **144**, 1907, p. 668, 705; **145**, 1907, p. 10, 101.

(3) *Bull. Tech. de la Suisse romande*, n° **21**, 1928, p. 245 à 250.

Pour l'écoulement en déversoir proprement dit, je suggère par contre d'adopter un autre principe basé sur la notion de puissance hydraulique. Son emploi au calcul du débit conduit, comme j'ai pu le vérifier sur un déversoir à crête arrondie [1], à des résultats concordant parfaitement avec la réalité, ce qui n'est pas le cas en faisant usage de toute autre proposition.

Exposé du nouveau principe. — Considérons un déversoir de largeur l dont le profil en crête δ est une courbe continue, à convexité dirigée vers le haut, sans jarrets ni décrochements. Soit π_c un plan de charge. Nous négligerons l'influence des frottements, ce qui revient à admettre que dans le plan de symétrie du système, la ligne de charge est horizontale.

Nous conviendrons alors d'appeler charge apparente H, le segment intercepté par ces deux lignes sur une verticale. Les conditions extérieures sont par conséquent déterminées dès que l'on a fixé la charge en crête H_c, c'est-à-dire la charge apparente minimum.

La puissance hydraulique développée au travers d'une section verticale par la lame déversante sera, le régime étant supposé permanent,

$$P = \gamma l \int_{H-t}^{H} v z \cos\alpha \, dz,$$

dans laquelle γ désigne le poids spécifique de l'eau, z la distance d'un filet élémentaire dz à la ligne de charge, α l'angle formé avec l'horizontale par la vitesse v, t l'épaisseur verticale.

Nous envisagerons maintenant le cas particulier où les filets liquides, en traversant la section verticale où s'établit leur parallélisme, sont des arcs de cercles excentriques de rayon $r = r_\delta + (H - z)\cos\alpha$, r_δ étant le rayon de courbure du seuil dans la section considérée. On démontre alors que pour tout point de celle-ci, la vitesse v et le rayon r sont liés par la relation simple

$$vr = \text{const.}$$

En tenant compte de ce qui précède, l'expression générale du débit

$$Q = l \int_{H-t}^{H} v \cos\alpha \, dz$$

---

(1) *Contribution à l'écoulement en déversoir.* Rapport n° 216 présenté à la IIe Conférence mondiale de l'Énergie, Berlin 1930. La seule donnée empruntée à l'expérience est la forme de la nappe libre.

peut s'écrire

$$(1)\qquad Q = l(r_\delta + t\cos\alpha)(H - t)^{\frac{1}{2}} \operatorname{Log}\frac{r_\delta + t\cos\alpha}{r_\delta}\sqrt{2g}.$$

Ces résultats étant acquis, nous admettrons que :

1° La section de parallélisme est toujours située en aval de la crête;

2° La puissance développée dans cette même section doit être maximum, c'est-à-dire que l'on aura

$$(2)\qquad \frac{dP}{dt} = 0.$$

Si, dans le système envisagé, il existe une section verticale telle que l'afflux d'eau déterminé par les conditions précédentes satisfait les équations du mouvement en toutes sections (plus spécialement celles en amont de la crête), le régime sera stable. Dans le cas contraire, il sera variable ou même impossible [lame non adhérente ([1])].

Le nouveau principe s'énoncera donc de la façon suivante :

La forme stable du déversement est celle qui, dans des conditions extérieures données, développe le maximum de puissance dans la section où s'établit le parallélisme des filets liquides.

La dépression exercée par la lame sur le seuil a pour effet d'entraîner un débit d'autant plus élevé que la courbure de δ est plus accentuée, sans dépasser toutefois une valeur limite, fonction de H_c, au delà de laquelle apparaît un régime variable. En sens inverse, et conservant pour H_c toujours la même valeur, on constate que le débit diminue avec la courbure. Le cas limite inférieur est réalisé lorsque, pour chaque filet, on peut négliger simultanément la composante de la pesanteur suivant la vitesse ainsi que la force centrifuge. La pression le long d'une verticale varie d'après la loi hydrostatique (règle de Bresse) et l'on repasse au phénomène de mouvement graduellement varié signalé au début.

Enfin je me réserve de montrer dans une étude plus complète que l'emploi judicieux des formules (1) et (2) permet de résoudre entièrement un problème fondamental d'hydraulique appliquée : la mesure d'un débit par la méthode du déversoir.

([1]) Ces remarques conduisent à envisager le déversoir en mince paroi à lame aérée comme un ajutage rectangulaire ouvert par le haut.

PHOTOCHIMIE. — *Oxydation photochimique du soufre.* Note (¹) de MM. **René Dubrisay** et **René Pallu**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Des Communications récentes de M. Fonzes-Diacon (²) nous engagent à publier les résultats obtenus dans une étude que nous avons entreprise depuis plusieurs mois sur l'oxydation photochimique du soufre. Nos expériences étaient effectuées en exposant à l'action des rayons ultraviolets du soufre en fleur contenu dans un ballon en quartz, plein d'air et fermé. Le tout était refroidi par un courant d'air, et la température ainsi maintenue entre 35 et 40°.

Dans une première expérience, 5^g de soufre préalablement lavés puis desséchés sur l'anhydride phosphorique étaient placés au fond du ballon. A la partie supérieure de ce ballon était disposé un petit tube rempli de soude solide, et le tout a été exposé pendant 16 jours au rayonnement ultraviolet. Au bout de ce temps, la soude était reprise par l'eau. La solution neutralisée donnait avec l'azotate de baryum un précipité presque entièrement soluble dans l'acide azotique; le pouvoir réducteur déterminé sur une autre partie de la liqueur au moyen du permanganate correspondait à $0^g,0072$ de soufre supposé fixé à l'état d'anhydride sulfureux. Le soufre resté au fond du ballon était lavé à l'eau distillée bouillie; les eaux de lavage étaient acides à l'hélianthine, donnaient avec l'azotate de baryum un précipité soluble à chaud dans l'acide azotique, réduisaient lentement à 60° la solution de permanganate en solution sulfurique et étaient à froid sans action sur les solutions d'iode.

Dans une seconde expérience, 40^g de soufre lavés étaient mis comme précédemment dans un ballon en quartz et exposés pendant 44 jours à l'action de la lumière ultraviolette en présence de 400^{cm^3} d'eau. Le mode de réfrigération était le même que dans l'expérience précédente. Le liquide resté en contact avec le soufre était acide à l'hélianthine; un titrage alcalimétrique effectué sur une partie aliquote de la liqueur conduisait à admettre que $0^g,1825$ de soufre étaient passés en solution, en supposant que la totalité de l'acide formé était de l'acide sulfurique. D'autre part un dosage quantitatif de soufre dans une autre portion de la liqueur, après oxydation par l'acide azotique et l'eau de brome, conduit à la conclusion qu'il y avait

(¹) Séance du 27 juillet 1931.

(²) *C. R. Acad. Agric.*, 17, IX, 1931, p. 301; *Bull. Soc. chim.*, 49, 1931, p. 532.

eu $0^g,202$ de soufre solubilisé. Ce nombre étant plus élevé que le précédent, on doit supposer qu'une partie du soufre oxydé existe sous une forme autre que l'acide sulfurique. De fait, on a retrouvé dans la solution les réactions qualitatives de l'acide pentathionique (réduction lente à chaud du permanganate, précipité jaune citron avec le nitrate de mercure, précipitation de soufre par la potasse en solution concentrée, aucune action sur le sulfate de cuivre, dissolution du bioxyde de plomb à 80°) [1].

De ces différents résultats il semble possible de conclure, comme l'avaient fait Williams et Young, que le soufre sous l'influence de la lumière se transforme d'abord en acide pentathionique. Mais cet acide se décompose aisément avec production d'acide sulfurique, d'hydrogène sulfuré, de soufre et d'anhydride sulfureux. Ces deux derniers corps, en présence d'oxygène et sous l'effet des rayons ultraviolets, doivent donner de l'acide sulfurique. Nous nous proposons de poursuivre ces recherches et en particulier d'étudier si les résultats ne seront pas différents en maintenant le système à une température plus basse que celle qui a été atteinte dans nos expériences.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude spectrographique des composés de l'acide tartrique et du cuivre.* Note de M. **J. Giuntini**, transmise par M. Ch. Fabry.

Ce travail fait suite à une étude précédente [2] dans laquelle on a montré l'existence d'un complexe de formule globale :

$$TCu^2, nH^2O \quad [T = C^4O^6H^4].$$

Pour connaître mieux la constitution de ces composés, j'ai fait une étude spectrographique des différentes liqueurs obtenues en dissolvant, suivant la méthode indiquée, l'oxyde de cuivre dans l'acide tartrique. J'ai employé dans ce but un petit spectrographe Hilger et un grand spectrographe Pellin.

L'étude qualitative dans l'ultraviolet, en prenant comme source lumineuse l'arc au mercure, donna les résultats suivants. La concentration est 1/1000 de TH^2 pour $x/1000$ de CuO ; l'épaisseur est de 5^{cm}.

---

(1) Chancel et Diacon, *Comptes rendus*, 56, 1863 p. 710.

(2) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 778.

	Absorption totale de la lumière à partir de :
	Å
TH^2	2340
$SO^4Cu, 5H^2O$	2536
$TCu^3, 3H^2O$	2894
$TH^2 + 1,5 CuO$	3663
$TH^2 + 1,75 CuO$	3663
$TH^2 + 2 CuO$	3663

L'intensité du triplet 3663 Å allant en diminuant quand la proportion de Cu augmente.

L'étude quantitative de l'absorption du complexe TCu^2, nH^2O a été faite sous $0^{cm},7$ et 5^{cm} d'épaisseur. Nous donnons le coefficient d'extinction K tiré de la relation

$$I = I_0, 10^{-kl},$$

I_0, intensité du faisceau incident après la traversée de la cuve pleine d'eau; l, longueur en centimètres. La concentration est $c = \frac{4}{100}$ de molécule de Cu par litre. Le tableau suivant renferme aussi l'absorption correspondante de $CuCl^2, 2H^2O$ obtenue par interpolation des chiffres fournis par d'autres auteurs.

Longueur d'onde λ.	Coefficient K pour TCu^2.	$CuCl^2, 2H^2O$.
Å		
3450	1,40	–
3500	1,11	–
3656	0,80	–
4047	0,22	–
4280	0,04	–
5460	0,04	0,0064
5600	0,11	0,009
5760	0,22	0,012
5900	0,34	0,025
6104	0,54	0,044
6352	0,70	0,082
6400	0,80	0,096
6752	1,11	0,170
7000	1,40	0,248

Les résultats obtenus montrent que l'absorption de TCu^2, nH^2O est considérablement plus forte (K de l'ordre 10 fois plus grand) que celle d'un sel simple de cuivre comme $CuCl^2, 2H^2O$.

Cette étude semble donc prouver que TCu^2, nH^2O est un sel où une partie du cuivre est à l'état de complexe dans la molécule, et semble d'accord avec les résultats de M. Darmois sur l'existence probable du radical $[T\,Cu^2T]^{----}$. Les mesures de potentiel d'électrode Cu/T Cu^2 que je viens d'effectuer et sur lesquelles je reviendrai confirment l'étude précédente.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la distillation sèche du baume du Pérou.* Note [1] de MM. **Justin Dupont** et **Jean-Jacques Guerlain**, présentée par M. A. Béhal.

Depuis que nous avons décrit [2] les produits phénoliques qui prennent naissance dans la distillation sèche du baume de tolu, nous avons soumis au même traitement le baume du Pérou.

Le baume du Pérou est tiré du *Myroseylum balsamum* var. β *Pereiræ* (Royle), Baill [3].

C'est un liquide épais, d'un brun rougeâtre. On sait depuis longtemps qu'il est formé principalement de benzoate de benzyle, d'un peu de vanilline (nous en avons extrait 2 pour 100) et de résines à caractère phénolique solubles dans les alcalis caustiques. Ces résines peuvent être aisément isolées en soumettant le baume à la distillation sous pression très réduite. On recueille environ 65 pour 100 de produits distillables et il reste dans l'appareil une masse solide, brune, qui est intégralement soluble dans les alcalis caustiques : elle est constituée par les résines en question. C'est cette matière que nous avons soumise à la pyrogénation.

Précédemment nous avions opéré sur le baume de tolu lui-même. Afin de nous placer dans des conditions identiques, nous avons distillé de ce baume dans le vide et obtenu comme résidu une résine dont nous avons étudié les produits phénoliques de pyrogénation. Nous les avons trouvés semblables à ceux que nous avions eus en partant du baume total.

L'action de la chaleur sur la résine de baume du Pérou donne lieu aux mêmes dégagements gazeux que ceux observés avec le baume de tolu. Le liquide goudronneux recueilli a été entraîné par la vapeur d'eau et l'huile

---

(1) Séance du 27 juillet 1931.

(2) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 716.

(3) Gildemeister et Hoffmann, *Les huiles essentielles*, 2e édition, **2**, 1914, p. 678.

obtenue traitée par une lessive de soude. Une partie seulement est entrée en dissolution.

1° De la portion insoluble nous avons isolé par des traitements appropriés :

Du *toluène*, bouillant à 111°, fournissant par oxydation permanganique de l'*acide benzoïque* fusible à 121° (*paratoluidide* fusible à 154°);

Du *styrolène*, distillant à 45-50° sous 6^{mm} dont nous avons préparé le *dérivé dibromé* fusible à 74°.

A côté de ces deux carbures existent des composés à point d'ébullition élevés dont nous poursuivons l'étude.

2° La liqueur alcaline a été saturée de gaz carbonique. L'huile mise en liberté a été traitée comme nous l'avons dit à propos du baume de tolu et nous en avons extrait exactement les mêmes produits :

Du *gaïacol*, fusible à 30°, distillant à 205°, donnant un *carbonate* fusible à 87°;

Du *créosol*, bouillant à 222°, ayant un *carbonate* fusible à 143°;

De *l'éthylgaïacol*

$$C^2H^5-C^6H^3\begin{cases}OCH^3 & (3)\\ OH & (4)\end{cases}$$

à odeur d'eugénol, distillant à 230-232°, dont le *carbonate* fond à 108° comme l'ont indiqué MM. Béhal et Choay ([1]). Ayant purifié le carbonate de l'éther phénolique analogue extrait des produits de la pyrogénation du baume de tolu, nous avons trouvé le même point de fusion de 108°. Il ne subsiste donc aucun doute quant à l'identité de ces corps avec l'éthylgaïacol que MM. Béhal et Choay ont découvert dans la créosote du goudron de bois.

Ces résultats montrent que les mêmes hydrocarbures et les mêmes éthers phénoliques prennent naissance quand on soumet à l'action de la chaleur les résines du baume de tolu et de baume du Pérou. Il doit être permis d'en conclure qu'il existe une très grande analogie dans la nature de ces matières.

([1]) BÉHAL et CHOAY, *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, 11, 1894, p. 698.

CHIMIE TINCTORIALE. — *Matières colorantes azoïques dérivées de l'homophtalimide.* Note (¹) de MM. **André Meyer** et **Robert Vittenet**, présentée par M. A. Desgrez.

Dans une précédente Note (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 885), nous avons résumé la préparation et les propriétés de quelques dérivés *azoïques de l'homophtalimide*. Il nous a paru intéressant d'étudier l'influence de l'introduction du noyau hétérocyclique de l'homophtalimide dans une molécule azoïque sur les propriétés tinctoriales des colorants ainsi obtenus. Nous avons préparé dès lors quelques colorants *acides* et quelques colorants *substantifs*, choisis de manière à parcourir la gamme des nuances principales pour en déduire quelques conclusions générales.

Colorants acides. — Ils dérivent des acides sulfanilique, *m*-xylidinesulfonique, 2-naphtylamine-6-8-disulfonique (amido G), naphtionique et amidonaphtolsulfonique 1-2-4. Ces produits ont été recristallisés et analysés.

Benzène-p, sulfonate de Na-*azo-homophtalimide*, $C^{15}H^{10}O^5N^3SNa, 2H^2O$, d'un beau jaune citron, teint la laine en bain acide en belles nuances jaunes à reflet verdâtre.

M-*xylène-o-sulfonate de* Na-*azo-homophtalimide*, $C^{17}H^{14}O^5N^3SNa, 2H^2O$, cristaux jaune orangé, teignant la laine au jaune vif.

2-*Naphtalène disulfonate de* Na(2-6-8)-*azo-homophtalimide*, $C^{19}H^{11}O^8N^3S^2Na^2$, $2H^2O$, cristaux rouges, teignant la laine en jaune orangé.

1-*Naphtalène-4-sulfonate de* Na-*azo-homophtalimide*, $C^{19}H^{12}O^5N^3SNa$, poudre microcristalline, rouge, teignant en orangé les fibres animales.

2-*Naphtol-4-sulfonate de* Na-1-*azo-homophtalimide*, $C^{19}H^{12}O^6N^3SNa$, préparé à partir de l'acide aminonaphtolsulfonique 1-2-4, cristaux rouges, teignant la laine en un beau rouge, virant au jaune brun par chromatage.

Nous avons préparé en outre l'azoïque dérivant de la *primuline* : il teint la laine et le coton (ce dernier en bain neutre) en belles nuances jaune orangé.

Colorants substantifs dérivés des diamines. — Nous avons combiné les tétrazoïques des diamines symétriques, benzidine, tolidine et dianisidine, d'abord avec une molécule d'un aminonaphtol ou d'un naphtol sulfonique, en milieu alcalin ou acide, suivant le cas, puis, en second lieu, avec une molécule d'homophtalimide, en milieu alcalin. On termine la réaction à la

(¹) Séance du 10 août 1931.

manière habituelle. Ces colorants répondent à la formule générale

```
X — N = N ————————— R
|
|
X — N = N — C        CO
        COH   NH
```

Nous résumons dans le tableau ci-dessous les propriétés des corps obtenus, en indiquant la diamine diazotée, l'amine ou le phénol sulfonique RH, copulés en premier lieu, étant sous-entendu que le deuxième composant est toujours l'homophtalimide.

Diamine tétrazotée $H^2N—X—NH^2$.	Premier composant RH.	Couleur de la solution aqueuse du colorant.	Nuances des teintures sur coton.
Benzidine........	Ac. H (alc.)	Bleue	Bleu très vif
Benzidine........	Ac. H (acide)	Rouge	Violet
Tolidine.........	Ac. H (alc.)	Violet	Violet
Tolidine.........	Ac. H (acide)	Violet rougeâtre	Violet rougeâtre
Dianisidine......	Ac. H (alc.)	Violet pur	Bleu
Dianisidine......	Ac. H (acide)	Bleu violet	Bleu foncé
Benzidine........	Ac. salicylique	Jaune orangé	Jaune orangé
Benzidine........	Ac. Gamma (alc.)	Rouge violet	Violet rouge
Benzidine........	Ac. Gamma (acide)	Violet rouge	Violet rougeâtre
Tolidine.........	Ac. Gamma (alc.)	Violet	Violet
Tolidine.........	Ac. Gamma (acide)	Rouge violet	Violet rouge
Dianisidine......	Ac. Gamma (alc.)	Bleu violet	Bleu foncé
Dianisidine......	Ac. Gamma (acide)	Violet	Violet
Benzidine........	Ac. J (alc.)	Rouge violacé	Violet mauve
Tolidine.........	Ac. J (alc.)	Rouge violacé	Violet foncé
Tolidine.........	Ac. J (acide)	Violet rose	Rouge bordeaux
Dianisidine......	Ac. J (alc.)	Violet rouge	Violet bleuâtre
Tolidine.........	Ac. naphtionique	Rouge, vire au bleu en milieu acide	Rouge orangé
Dianisidine......	Ac. naphtionique	Rouge pourpre, violet foncé (milieu acide)	Violet rouge
Benzidine........	Ac. Neville et Winther	Rouge grenat (milieu alcalin), vire au bleu violet par les acides	Rouge violacé
Tolidine.........	Ac. N. et W.	Rouge bordeaux, vire au violet bleu en milieu acide	Violet mauve
Dianisidine......	Ac. N. et W.	Rouge (milieu alcalin), bleu violet (milieu acide)	Bleu
Benzidine........	Ac. Schaeffer	Rouge bordeaux	Rouge

Le colorant :

Benzidine< ↗Ac. H (alc.) ← P. nitraniline (acide) ↘Homophtalimide

(comparable comme constituants au *vert diazol*, *vert diamine*, etc.) est soluble dans l'eau en vert tirant sur le violet, et teint le coton en bleu verdâtre.

Il résulte de la comparaison de ces teintures avec celles de colorants de constitution analogue, que l'introduction du noyau de l'homophtalimide n'apporte pas une très grande variation dans les propriétés tinctoriales des colorants de benzidine : les nuances tendent cependant à virer vers le violet; leurs tonalités sont assez ternes.

Nous avons préparé à titre de comparaison une série de colorants du *γ-oxycarbostyrile :* les tonalités des azoïques obtenus sont plus foncées que celles des dérivés correspondants de l'homophtalimide.

GÉOLOGIE. — *Traits directeurs et évolution géologique de l'Afrique équatoriale française et du Cameroun.* Note ([1]) de M. **Marcel E. Denaeyer.**

Quand on jette les regards sur la carte géologique de l'Afrique équatoriale française et du Cameroun ([2]), ce qui frappe tout d'abord l'attention, c'est l'existence d'une large bande de terrains cristallins qui semble couper en travers, de l'Ouest à l'Est, l'immense territoire allongé du Nord au Sud. On voit tout de suite qu'elle représente un faîte dont le point culminant — le mont Yadé, dans l'Adamaoua — constitue en quelque sorte la clef de voûte ([3]). Ce qui attire ensuite l'intérêt, c'est la position symétrique, au Nord et au Sud de cette zone surélevée, des bassins de sédimentation du Tchad et du Congo, bordés de toutes parts par un bourrelet de terrains cristallins divergeant du faîte. Ainsi se trouvent délimités, au Nord, le bassin fermé du Tchad, au Sud, le bassin du Congo, à l'Est, le bassin du

([1]) Séance du 10 août 1931.

([2]) M.-E. Denaeyer, *Esquisse géologique de l'Afrique équatoriale française, du Cameroun et des régions voisines, au* $\frac{1}{3\,000\,000}$ (Uccle, 1928). — J'ai caractérisé antérieurement les principales formations géologiques de l'A. E. F. (*Comptes rendus*, 187, 1928, p. 658).

([3]) Ce faîte n'est qu'un tronçon du grand axe de soulèvement Guinée-Abyssinie. (voir P. Fourmarier, *Congrès Géol. Intern.*, *Comptes rendus de la* 14e *session*. Espagne, 1926, fasc. 3, p. 839 à 885).

Nil, et à l'Ouest, les bassins du Niger (Bénoué) et de l'Atlantique (Sanaga, Ogooué, Kouilou-Niari et autres fleuves côtiers). Il semble que cette structure soit très ancienne.

D'autres caractères tectoniques permanents s'y superposent. Tels sont trois directions conjuguées de dislocations : Sud Ouest-Nord Est, Sud Est-Nord Ouest et Est-Ouest qui se manifestent d'une manière frappante dans la disposition du réseau hydrographique.

Les terrains cristallins, très redressés, forment en outre le socle du revêtement sédimentaire des cuvettes du Tchad et du Congo et de la zone littorale. Les plis, généralement très atténués, et les fractures qui, au cours des temps géologiques, ont affecté ces sédiments se sont invariablement manifestés suivant les trois directions conjuguées.

Dès lors l'évolution géologique de l'A. E. F. et du Cameroun peut, dans ses grandes lignes, se concevoir comme suit :

a. Plissements précambriens (huroniens ?) affectant les systèmes cristallin et métamorphique.

b. Érosion et pénéplation des chaînes précambriennes. Mouvements épirogéniques provoquant ou accentuant le soulèvement du faîte cristallin transversal Cameroun-Ouadaï et ébauchant les cuvettes du Congo et du Tchad par effondrement de ses flancs Sud et Nord ou gauchissement de l'écorce.

c. Période glaciaire dans les bassins du Congo, du Niari et du Nyanga. Dépôt des sédiments probablement marins des systèmes concordants schisto-calcaire et schisto-gréseux, antépermiens. Leur plissement en partie contemporain du dépôt.

d. Nouvelle période glaciaire dans le bassin du Congo. Dépôt des couches lacustres et lagunaires du Loualaba-Loubilache d'âge triasique supérieur, rhétien et — pour les plus récentes d'entre elles — jurassique.

e. Mouvements épirogéniques (failles, effondrements, larges ondulations) accentuant les cuvettes du Congo — et du Tchad (?) —. Ébauche de la vallée tectonique du Bas-Congo.

f. Disjonction du continent africano-brésilien. Invasions marines crétacées et tertiaires en bordure de la chaîne des monts du Mayombe et des monts de Cristal et dans la plaine de la Bénoué. Au Crétacé : formation de la ligne tectonique Sud Ouest-Nord Est du Cameroun (horsts et grabens) avec épanchements volcaniques.

g. Pendant ces événements (*c* à *f*), dans l'extrême nord de l'A. E. F., sur les bords de la zone déprimée du désert de Libye, se déposent au voisi-

nage de la terre ferme, depuis le Silurien jusqu'au Crétacé, des dépôts gréseux — les Grès nubiens — à faciès subcontinental.

L'édification de l'Emi Koussi et des volcans du Tibesti est probablement en relation avec des failles et des effondrements assez récents du massif tibestin. La situation de ces appareils volcaniques sur le prolongement de la ligne tectonique du Cameroun est remarquable.

h. Dépôts lacustres [crétacés (??), tertiaires (?) et récents] et éoliens de la cuvette du Tchad. Des mouvements post-tertiaires dérangent les dépôts de la zone littorale. Capture du lac (?) congolais par un fleuve côtier. Assèchement du grand Tchad, puis des Pays-Bas du Tchad par l'établissement du climat désertique.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Aurores polaires et rayons cosmiques.* Note ([1]) de M. A. **Dauvillier**, transmise par M. de Broglie.

La relation bien connue existant entre les taches solaires, les aurores et les orages magnétiques et telluriques, suggère qu'à côté de ces phénomènes accidentels, il existe des phénomènes analogues constants et que les variations périodiques régulières du magnétisme terrestre sont accompagnées d'un phénomène auroral permanent, dû aux mouvements du globe dans un flux électronique homogène issu du Soleil.

Or ce phénomène auroral, faible, stationnaire et constant, a été effectivement décrit par Nordenskiöld au cours de plus de 100 observations précises, effectuées durant l'hivernage de la Véga (1878-1879). D'après celles-ci, le pôle magnétique est toujours entouré d'une couronne lumineuse circulaire de rayon voisin de 1000^{km}, à l'altitude de 200^{km}.

Si nous admettons que cette couronne représente la trace de la spire extrême de la géodésique d'électrons solaires s'enroulant dans le champ magnétique terrestre, nous pouvons calculer, d'après la dynamique relativiste, l'énergie de ces électrons. On trouve ainsi 15.10^9 volts-électron, c'est-à-dire plus qu'il n'en faut pour rendre compte du quantum des rayons cosmiques. Les aurores accidentelles descendant jusqu'à nos latitudes seraient dues à des éruptions d'électrons d'énergie sensiblement double.

Mais la trace d'électrons atteignant la vitesse de la lumière ne saurait être directement visible à cette altitude. Ce sont les électrons secondaires lents,

([1]) Séance du 10 août 1931.

résultant de l'ionisation du gaz, qui, s'enroulant en spires serrées sur les lignes de force du champ, ionisent fortement la haute atmosphère, selon des trajectoires normales à la couronne. La lumière résultant de la neutralisation des ions positifs constitue ainsi les draperies. Ils produisent aussi de l'ozone, qui tombe par gravité, et arrivent sans énergie à l'altitude limite des aurores, soit une centaine de kilomètres. Leur énergie ne saurait donc dépasser quelques dizaines de kilovolts-électron. Finalement, ils se transforment en ions négatifs qui ne peuvent rencontrer le globe que suivant deux couronnes voisines des pôles, comme le montrent l'expérience et les calculs de M. Störmer. Il en résulte la production de courants telluriques (d'électrons) allant vers l'équateur, le circuit étant fermé par le courant vertical d'ions positifs de l'atmosphère.

Les électrons solaires arrivant dans le plan de l'écliptique attaquent l'axe magnétique terrestre sous un angle toujours variable, par suite de la rotation du globe. L'altitude et l'aire de la couronne présentent un maximum pendant la nuit et un minimum pendant le jour, entraînant les variations d'altitude de la couche conductrice. Selon ce mécanisme, qui s'écarte donc des théories de M. Villard et de Birkeland-Störmer, ces électrons ne dépensent qu'une faible fraction de leur énergie dans notre atmosphère sans lui apporter de charge.

L'aire variable embrassée par la couronne produit aussi un champ démagnétisant causant les variations du champ terrestre. Il suffit d'un courant de 3000 ampères aux deux pôles pour rendre compte des variations diurne et annuelle.

Mais les électrons enroulés autour des pôles ne représentent qu'une faible fraction des corpuscules déviés par le champ terrestre. Comme le montrent les beaux modèles de M. Störmer, un enroulement partiel a généralement lieu tout autour du globe. La couronne n'est donc qu'un cas particulier d'un phénomène plus général : le ciel entier doit être le siège d'une perpétuelle aurore. Or on sait que le ciel nocturne montre avec intensité la raie 5577. Il est, en même temps, la source des rayons cosmiques, la haute atmosphère jouant le rôle d'anticathode pour les électrons solaires. Les variations d'intensité diurne et résultant des éclipses doivent donc être très faibles.

Il est probable que ces électrons prennent leur énergie dans le champ électrique qui doit exister dans la couronne solaire, par suite de l'existence d'une atmosphère d'ions positifs de densité rapidement décroissante avec l'altitude (comme dans l'espace de Crookes). L'équilibre électrostatique est obtenu par la perte d'ions positifs, causée par les éruptions que sont les pro-

tubérances, et favorisée par la pression de radiation. Les trajectoires de ces électrons autour du Soleil et dans le plan de l'écliptique constituent respectivement la couronne et la lumière zodiacale.

PHYSIOLOGIE. — *La digestion* in vitro *des glaires et du gluten de l'œuf des plagiostomes ovipares* (Scylliorhinus canicula *L. Gill*) *par la glande frontale de l'embryon.* Note [1] de MM. **Paul Wintrebert** et **Ouang-Te-Yo**, transmise par M. L. Joubin.

Des recherches biologiques préalables effectuées par l'un de nous [2] pour déterminer le moment, les conditions et le mode de liquéfaction des glaires et du gluten de l'œuf de *Scylliorhinus canicula* L. Gill, on pouvait conclure que le tégument de l'embryon était l'origine du ferment digestif. Nous avons en effet découvert la présence d'une glande frontale (Wintrebert, *C. R. Ass. des Anat.*, Congrès de Prague, 1928) formée d'un tapis étendu de cellules épidermiques volumineuses, utriculaires, granuleuses, disposées sur une seule couche (Ouang-Te-Yo, *C. R. Ass. des Anat.*, Congrès de Bordeaux, 1929) et déversant à temps donné (stades N, O, de Balfour), dans le liquide périvitellin, leurs produits de sécrétion. Il restait à démontrer que ceux-ci, isolés du reste de l'embryon par raclage ou extirpation de la glande et placés *in vitro* en présence de glaires et de gluten étaient bien la cause de leur digestion.

1° *Digestion par les produits de raclage de la glande frontale.* — Dans toutes les opérations, des précautions rigoureuses d'asepsie ont été prises. Sectionnant transversalement avec une lame Gillette l'extrémité forcipée d'une coque de *Scylliorhinus* au moment le plus actif de l'excrétion (début du stade O), nous prélevons sur cette extrémité des fragments de coque et de gluten auxquels restent attachées quelques glaires et nous les transportons dans deux petits flacons tubulaires stériles contenant déjà de l'éther sur le tiers de leur hauteur et, dans le fond, quelques gouttes de liquide périvitellin. On racle ensuite la glande, on en rassemble sur une lamette stérile le liquide de sécrétion chargé de débris cellulaires et on l'introduit à travers la couche d'éther dans l'un des tubes au contact des fragments de glaires et de gluten déjà placés. Dans l'autre tube, on laisse tomber seulement à côté de ceux-ci

(1) Séance du 10 août 1931.

(2) P. Wintrebert, *C. R. Soc. de Biol*, 107, xxvi, 1931, p. 1430.

quelques gouttes d'eau de mer. On ferme les tubes avec des bouchons stérilisés. La température moyenne de l'expérience est de 15°,6. Tous les jours, on agite un peu les fragments et les liquides en présence par une rotation ménagée des tubes sur leur axe vertical. Au bout de 24 heures, le gluten gonflé et les glaires qui lui sont adhérentes, se détachent de la coque cornée; après 48 heures, la périphérie du gluten devient transparente, tandis que le noyau central des fragments est de teinte laiteuse. Après 4 jours, le gluten ramolli, déformé, diminué de volume, se morcelle et s'effiloche, le noyau central laiteux est plus petit. Après 7 jours, les fragments de gluten sont rapetissés, boudinés, sillonnés, fragmentés, translucides ou légèrement louches, avec un point central plus opaque. Ils ont donc subi une désagrégation certaine mais incomplète; leur substance anhyste a été en partie dissoute; leur structure lamelleuse persiste et oscille comme un réseau inconsistant dans le liquide ambiant. Les glaires même ont laissé un résidu d'aspect villeux, visible sous certaines incidences de lumière.

L'introduction nouvelle de produits de sécrétion entraîne, au bout de 48 heures, une dissolution plus avancée. Les glaires ne sont plus distinctes, les fragments de gluten sont réduits à l'état de membranelles revêtues d'un peu de substance amorphe; par agitation, le liquide se charge des débris fibrillaires et poussiéreux déposés au repos sur le fond du tube.

Le tube témoin ne présente à la fin de l'expérience aucune altération du gluten et des glaires qui y sont placés.

2° *Digestion du gluten au contact de la glande extirpée.* — Deux tubes contenant des fragments de gluten sont préparés comme dans l'expérience précédente. La glande est enlevée de la tête de l'embryon à l'aide du microscope binoculaire, puis sectionnée en trois lambeaux. Deux de ceux-ci sont déposés dans l'un des tubes au-dessus et au contact d'un morceau de gluten qui baigne lui-même dans un peu de liquide périvitellin auquel on ajoute la sécrétion, obtenue par pression et dilacération du troisième lambeau (T = 13° C.). Après 24 heures, le gluten ramolli a doublé d'épaisseur et un des fragments montre sur l'un de ses côtés une profonde échancrure, au bas de laquelle se trouvent au fond du tube des débris poussiéreux. Au bout de deux semaines, le gluten détaché de son support corné, ramolli, inconsistant, flotte en fragments épars dans le liquide de digestion; la moindre agitation du tube soulève du fond une masse de débris et fait osciller des lambeaux fibrillaires revêtus encore d'une mince couche de substance amorphe, translucide, nuageuse. Les fragments de glaire et de gluten restent intacts dans le tube témoin.

Ainsi, dans cette expérience, à une digestion rapide et localisée succède une altération générale plus lente qui gonfle, ramollit, fragmente et dissout partiellement le reste du gluten en le séparant de son support corné.

Conclusion. — La glande frontale digère *in vitro* la substance amorphe des glaires et du gluten, mais ne possède aucun pouvoir sur le fin treillis lamelleux et fibrillaire qui en constitue le substratum. Sur le vivant, la digestion, qui possède les mêmes caractères, est à la fois complète et plus vive pour deux raisons : d'une part, la sécrétion est déversée d'une manière continue par une glande en évolution dont les cellules viennent successivement à maturité; d'autre part, les mouvements oscillatoires rapides et parfois tumultueux de l'embryon opèrent un brassage mécanique intense du liquide ovulaire qui disloque la trame fibrillaire, la réduit en petits amas spongieux; en débarrasse la surface anhyste non encore dissoute et met celle-ci à chaque instant en contact intime avec le ferment circulant. La rape caudale n'intervient directement dans la dilacération des résidus fibrillaires que si la coque est assez inclinée pour que l'embryon, retenu par le poids de sa boule vitelline, puisse y voyager. La dissolution des glaires et du gluten ouvre les boutonnières et permet l'introduction et la circulation de l'eau de mer dans l'œuf; elle décolle de même les faces de l'extrémité par où sortira la larve; elle rend ainsi l'éclosion possible; elle la prépare, mais ne la détermine pas. C'est beaucoup plus tard, au stade Q, que l'embryon grandi forcera par un effort musculaire la porte de l'étui corné.

La séance est levée à $15^h 30^m$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 AOUT 1931.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BOUVIER.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Extension de la notion de solution élémentaire principale et applications.* Note de M. **Georges Giraud**.

Soient $a_{\alpha,\beta} = a_{\beta,\alpha}$, b_α, c $(\alpha, \beta = 1, 2, \ldots, m)$ des fonctions données d'un point $(x_1, x_2, \ldots, x_m)$ ou X. On suppose que la forme quadratique $\Sigma_{\alpha,\beta} a_{\alpha,\beta} z_\alpha z_\beta$ est définie positive quel que soit X; décomposons-la en une somme d'au moins m produits

$$(1) \qquad \Sigma_{\alpha,\beta} a_{\alpha,\beta} z_\alpha z_\beta = \Sigma_n (\Sigma_\alpha k_{n,\alpha} z_\alpha) \; (\Sigma_\alpha l_{n,\alpha} z_\alpha) \; (n, \alpha, \beta = 1, 2, \ldots, m).$$

Donnons aux $k_{n,\alpha}$ et aux $l_{n,\alpha}$ les valeurs correspondant à un certain point X et introduisons des paramètres t et r destinés à tendre vers zéro; pour toute fonction $v(X)$, nous nommerons $K_n v$ l'accroissement de v quand on donne aux x_α les accroissements $k_{n,\alpha} t$, et $L_n v$ la même chose pour les accroissements $l_{n,\alpha} r$. Nous poserons, pour toute fonction u,

$$\mathcal{F} u = \lim_{t,r \succ 0} t^{-1} r^{-1} \Sigma_n K_n L_n u(X) + \Sigma_\alpha b_\alpha(X) \frac{\partial u}{\partial x_\alpha} + c(X)\, u(X),$$

pourvu seulement que les opérations aient un sens; la limite doit être indépendante de la décomposition (1) choisie et de la façon dont t et r tendent vers zéro.

Supposons maintenant que toutes les fonctions $a_{\alpha,\beta}$, b_α, c sont bornées dans tout l'espace; de plus les $a_{\alpha,\beta}$ sont lipschitziens,

$$|a_{\alpha,\beta}(X) - a_{\alpha,\beta}(A)| < M L^h(X, A) \quad (L = \text{distance};\ M,\ h = \text{constantes},\ 0 < h \leqq 1),$$

et leur déterminant D a sa borne inférieure positive; les b_α et c sont con-

tinus, c est partout négatif ou nul, et inférieur à une constante $-g^2 (g > 0)$ dans tout l'extérieur d'un certain domaine borné. On démontre alors l'existence d'une et d'une seule fonction de deux points, $G(X, \Xi)$, nommée *solution élémentaire principale*, entièrement déterminée par les trois conditions suivantes :

1° Quand X tend vers Ξ,

$$G(X, \Xi) = \frac{1 + o(1)}{\sqrt{D(\Xi)}} F\left[\sqrt{\Sigma_{\alpha,\beta} A_{\alpha,\beta}(\Xi)(x_\alpha - \xi_\alpha)(x_\beta - \xi_\beta)}\right],$$

où $F(r)$ désigne la solution élémentaire principale de $\Sigma_\alpha \frac{\partial^2 u}{\partial x_\alpha^2} = u$ (¹), et où $A_{\alpha,\beta}$ est le mineur de $a_{\alpha,\beta}$ dans D.

2° Quand $L(X, \Xi)$ croît indéfiniment, G tend vers zéro plus rapidement que toute puissance négative de $L(X, \Xi)$.

3° Enfin $\mathcal{F}G(X, \Xi) = 0$, l'opération portant sur X supposé non coïncidant avec Ξ.

Le gradient de G par rapport à X, continu en tout point autre que Ξ, tend vers zéro, plus rapidement que toute puissance négative de $L(X, \Xi)$ quand cette distance augmente indéfiniment. L'existence de G et ces propriétés se démontrent en plusieurs fois. Tout d'abord on démontre que, si l est assez grand, G existe pour l'équation $\mathcal{F} u = l^2 u$; pour cela, on pose

$$H(X, \Xi) = \frac{l^{m-2}}{\sqrt{D(\Xi)}} F\left[l\sqrt{\Sigma_{\alpha,\beta} A_{\alpha,\beta}(\Xi)(x_\alpha - \xi_\alpha)(x_\beta - \xi_\beta)}\right].$$

$$K(X, \Xi) = \mathcal{F}H(X, \Xi),$$

et l'on emploie l'équation intégrale

$$G(X, \Xi) = \int_{\text{espace}}^{(m)} G(X, A) K(A, \Xi)\, dV_A + H(X, \Xi),$$

qui détermine G d'une façon unique, pour l assez grand, quoique la théorie de Fredholm ne s'applique pas. Ensuite on passe à la fonction correspondant à $l - \Delta l$, pour Δl assez petit, à l'aide d'une équation analogue. On démontre que, si l'inégalité $c \leq -g^2 < 0$ est valable dans tout l'espace, on peut ainsi arriver à remplacer l par o. Dans le cas plus général énoncé, on achève en modifiant le coefficient de u dans un domaine borné, à l'aide d'une dernière équation intégrale qui, cette fois, relève de la théorie de Fredholm; G existe parfois même si c devient positif dans un domaine borné.

(¹) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 1110; voir aussi **191**, p. 478; **192**, 1931, p. 471 et 1338.

Cette fonction G peut servir à résoudre le problème de Dirichlet, en supposant les $a_{\alpha,\beta}$ lipschitziens, les b_α et c continus quelconques (trouver u tel que, dans un domaine $\mathcal{D}$ borné, $\mathcal{F}u = f$, et que, sur la frontière $\mathcal{S}$, $u = \varphi$). Pour cela on pose, sur $\mathcal{S}$,

$$\Theta v = \Sigma_{\alpha,\beta} a_{\alpha,\beta} \varpi_\alpha \frac{\partial v}{\partial x_\beta} + \psi v$$

(ψ continu < 0; ϖ_α, cosinus directeurs de la normale extérieure), et l'on détermine la fonction de Green $F(X, \Xi)$ relative à $\mathcal{F}u = \chi u$ (χ continu $\geqq c$) par les équations de Fredholm

$$F(X, \Xi) = G(X, \Xi) + 2\int_{\mathcal{S}}^{(m-1)} \Theta G(A, \Xi)\sigma(X, A)\, dS_A,$$

$$\sigma(X, Y) - 2\int_{\mathcal{S}}^{(m-1)} \Theta G(A, Y)\sigma(X, A)\, dS_A = G(X, Y) \qquad (Y \text{ sur } \mathcal{S});$$

ensuite on se ramène au cas où $\varphi = 0$ et l'on a u par les équations de Fredholm

$$u(X) = -\int_{\mathcal{D}}^{(m)} F(X, A)\rho(A)\, dV_A,$$

$$\rho(X) - \chi(X)\int_{\mathcal{D}}^{(m)} F(X, A)\rho(A)\, dV_A = f(X),$$

qui donnent une et une seule fois chaque solution, s'il y en a.

Le problème généralisé de Neumann peut être traité, avec ces hypothèses sur les coefficients, de la même façon que dans les publications antérieures, même s'il y a plusieurs solutions.

Ces problèmes servent à démontrer la proposition suivante : *Si la relation* $\mathcal{F}u = f$ *est satisfaite en tout point de* $\mathcal{D} - P$, *où* P *est un point intérieur à* $\mathcal{D}$ *et* f *une fonction continue en tout point de* $\mathcal{D}$, *et si, quand* X *tend vers* P, $u = o[L^{2-m}(X, P)]$ $(m > 2)$ *ou* $u = o[\log L(X, P)]$ $(m = 2)$, *u coïncide dans* $\mathcal{D} - P$ *avec une fonction continue même en* P *où elle satisfait encore à l'équation* $\mathcal{F}u = f$. Cette proposition peut être généralisée dans les mêmes directions que la proposition de M. Picard d'où elle est issue [1].

---

[1] ÉMILE PICARD, *Bull. Soc. math.*, 52, 1924, p. 162 à 166, spécialement p. 162 et 163; pour les travaux ultérieurs, FLORIN VASILESCO, *Journal de Math.*, 9, 1930, p. 81 à 111. Un changement simultané d'inconnue et de variables ramène le cas de la présente Note à celui où tous les coefficients $a_{\alpha,\beta}$, b_α, c sont lipschitziens dans tout l'espace; si le second membre f est lipschitzien, u acquiert ainsi des dérivées secondes.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la capacité de l'électromètre à quadrants.* Note [1] de M. G. **Nadjakoff.**

On sait que la formule de l'électromètre à quadrants peut être écrite simplement

$$D\alpha = b\varphi_1 V, \tag{1}$$

où φ_1 représente le potentiel du quadrant communiquant avec le système isolé et V le potentiel de l'aiguille. Nous nous plaçons dans le cas, que l'on préfère dans la pratique, où $\varphi_1 \leqq V$ et où $\varphi_2 = 0$.

Pour les sensibilités en potentiel et en charge, on a respectivement

$$k = \frac{\alpha}{\varphi_1} = \frac{bV}{D} \text{ mm/volt} \tag{2}$$

et

$$k' = \frac{bV}{D(C + bkV)} = \frac{k}{C + a} \text{ mm/volt-cm.} \tag{3}$$

C est la capacité fixe du système isolé, y compris celle de l'électromètre lui-même;
$a = bkV$ est l'augmentation apparente de la capacité;
$C + a$ est la capacité effective du même système;
$D = R + rV^2$ est la somme du couple de torsion et du couple électrique d'Hopkinson.

Pour trouver théoriquement les meilleures conditions de travail avec un électromètre, il faut connaître ses constantes b, r et R et les capacités fixe et effective du système isolé et de l'électromètre lui-même. Il y a un certain nombre de méthodes qui permettent de déterminer b et, par conséquent, en mesurant k, k' et V, de déterminer les autres grandeurs électromagnétiques, excepté les capacités fixe et effective de l'électromètre lui-même. Une de ces méthodes est la méthode de Curie-Ledeboer [2].

On peut facilement transformer cette méthode de compensation en une méthode de déviation, ce qui permet d'une part de supprimer le cercle gradué sur le bouton de suspension, et d'autre part de déterminer toutes les grandeurs électrométriques, y compris les capacités de l'électromètre.

L'électromètre est réglé. On mesure pour le potentiel V de l'aiguille les

(1) Séance du 20 juillet 1931.
(2) *Œuvres de P. Curie*, 1908, p. 577.

sensibilités k et k' en appliquant au système isolé, directement et par l'intermédiaire du condensateur-étalon de Moulin, des potentiels connus.

L'aiguille étant chargée, on isole le système C, on tourne le bouton de suspension, on réunit le système isolé avec le sol. Les trois positions respectives du spot sur l'échelle sont : Θ_0, Θ_1 et Θ_2.

$\alpha = \Theta_2 - \Theta_0$ est l'angle en millimètres sur l'échelle dont le bouton de suspension a été tourné.

$\alpha' = \Theta_2 - \Theta_1$ est la déviation du spot due à l'électricité induite de l'aiguille sur le système isolé.

En désignant le quotient $\frac{\alpha}{\alpha'}$ par p on obtient les grandeurs électrométriques par les formules suivantes :

$$\text{(I)} \qquad a = \frac{k}{k'p}\,\text{cm}, \qquad C_{\text{fixe}} = (p-1)\,a\ \text{cm}, \qquad C_{\text{eff.}} = pa = \frac{k}{k'}\,\text{cm},$$

$$b = \frac{1}{\text{V}k'p}\,\text{cm/mm dév.}, \qquad \text{D} = \frac{b\text{V}}{k}.$$

On répète les mêmes manipulations quand le système isolé comprend seulement la capacité C_0 de l'électromètre sans aucun fil de connexion. Les trois positions du spot, les angles respectifs et le quotient dans ce cas sont :

$$\Theta'_0, \quad \Theta'_1, \quad \Theta'_2, \qquad \alpha_0 = \Theta'_2 - \Theta'_0, \qquad \alpha'_0 = \Theta'_2 - \Theta'_1 \qquad \text{et} \qquad p_0 = \frac{\alpha_0}{\alpha'_0}.$$

On aura de même un second groupe de formules :

$$\text{(II)} \qquad C_{0,\,\text{fixe}} = (p_0 - 1)\,a\ \text{cm}, \qquad C_{0,\,\text{eff.}} = p_0 a\ \text{cm}, \qquad k'_0 = \frac{k}{p_0 a}\,\text{mm/volt-cm}.$$

Les mêmes groupes de formules sont applicables aussi dans le cas de la méthode hétérostatique symétrique, où la différence de potentiel auxiliaire V est appliquée symétriquement aux deux paires de quadrants.

Je me suis servi dans ces recherches d'un électromètre Debierne construction de Ch. Beaudouin.

Une série de mesures faite pour un potentiel de l'aiguille V = 82,0 volts et une distance de l'échelle 1,07 m. (miroir concave) donne les résultats suivants :

$$k = 1714\ \text{mm/volt}, \qquad k' = 4{,}67\ \text{mm/volt cm}, \qquad p = 1{,}388, \qquad p_0 = 1{,}178,$$

d'où l'on tire :

$$a = 264{,}3\ \text{cm}, \qquad C_{\text{f.}} = 102{,}5\ \text{cm}, \qquad C_{\text{eff.}} = 367\ \text{cm}, \qquad b = 1{,}88.10^{-3}\ \text{cm/mm dév.},$$

$$C_{0,\,\text{fixe}} = 47\ \text{cm}, \qquad C_{0,\,\text{eff.}} = 311\ \text{cm}, \qquad k'_0 = 5{,}5\ \text{mm/volt-cm}.$$

Un contrôle par la méthode de Moulin (1) donne les mêmes résultats pour C_{fixe} et b.

De cette série de mesures, aussi bien que des autres, nous tirons pour les grandeurs caractéristiques de l'électromètre Debierne (ne dépendant pas du potentiel auxiliaire et du fil de suspension) :

$$b = 2,01 . 10^{-3} \text{ cm/mm dév. (réduit pour une distance de l'échelle de } 1^{m}),$$

ou

$$b = 4,02 \text{ cm/radian}, \qquad C_{0,fixe} = 47^{cm}, 32^{cm} \text{ et } 12^{cm},$$

pour la capacité fixe de l'électromètre (2) (respectivement pour les deux paires de quadrants — réglable et non réglable — et pour l'aiguille).

En connaissant les capacités fixes de l'électromètre et du système isolé et la constante b, on peut calculer les capacités effectives, en mesurant la sensibilité k mm/volt (réduite pour une distance de l'échelle de 1^{m}) pour un potentiel auxiliaire quelconque V volts en utilisant les formules suivantes :

$$(5) \qquad C_{0,eff.} = C_{0,fixe} + 2,01 . 10^{-3} . kV \text{ cm} \qquad \text{et} \qquad C_{eff.} = C_{fixe} + 2,01 . 10^{-3} . kV \text{ cm}.$$

Comme le couple électrique de cet électromètre est négatif, pour la valeur de potentiel auxiliaire $V' = \sqrt{\frac{R}{r}}$ la sensibilité (2) et les capacités effectives (5) deviennent infinies. Dans notre cas, pour le fil de suspension donné, $V' = 160$ volts.

SPECTROSCOPIE. — *Les raies ultimes et les raies d'absorption.* Note (3) de M. **Adolfo T. Williams**, transmise par M. Ch. Fabry.

Selon Bloch (4) et Meggers (5), on doit rechercher les raies ultimes parmi celles qui se produisent facilement en absorption parce qu'elles sont toutes, ou presque toutes, des raies ultimes provenant, bien entendu, de l'atome neutre.

---

(1) Moulin, *Le Radium*, 4, 1907, p. 188. Voir aussi R. Darbord, *Annales de Physique*, 7, mai-juin 1930, p. 505.

(2) La capacité 47^{cm} peut changer de quelques centimètres suivant la position du bouchon E sur le dispositif de réglage (voir la Notice de Ch. Beaudouin, *Électromètre à quadrants;* aussi Otto Scheuer et Jean Saphores, *Phys. Zeitschrift*, 14, 1913, p. 595).

Pour la commodité du travail d'après la méthode hétérostatique symétrique le tube de l'électromètre contenant le fil de suspension était raccourci de 50 à 10^{cm}, le ruban de bronze phosphoreux remplacé par un fil de Wollaston et pour améliorer l'isolement l'ébonite était remplacé par l'ambroïde.

(3) Séance du 17 août 1931.

(4) L. Bloch, *Ionisation et résonance des gaz et des vapeurs*, p. 78.

(5) Foote et Mohler, *The origin of spectra*, p. 144.

Nous n'avons pu confirmer cette conclusion que dans bien peu des spectres d'absorption des vapeurs métalliques que nous avons examinés et qui sont les suivants : Tl (1), Sn, Mn et Ag (2), Ni (3), Bi et Sb (4) et Cu, Ag et Au (5).

Dans les spectres d'absorption des métaux du sous-groupe du Cu, les doublets bien connus $^2S\,^2P$, sont des raies ultimes et aussi d'absorption très intenses, tandis que pour Ag, qui ne possède pas de niveaux ^2D, les autres raies ultimes ne sont pas des raies d'absorption. Quelque chose de semblable se passe avec Au, dans lequel les niveaux ^2D étant plus séparés du niveau fondamental ^2S que dans le Cu, seulement deux raies ultimes ayant leur origine dans le niveau $^2D_3$ sont faiblement absorbées par la vapeur. Dans le Cu, les niveaux ^2D étant plus près du niveau fondamental, les raies ultimes, qui sont aussi des raies d'absorption, se présentent dans un plus grand nombre de cas : quatre appartiennent au niveau $^2D_3$ et une au $^2D_2$, toutes étant des raies faiblement absorbées.

Avec la vapeur de Tl nous n'avons pas pu obtenir en absorption la raie 5350,47 ayant son origine au niveau $^2P_2$, qui est une des plus persistantes de cet élément. Par contre, dans le cas du Sn, la plupart des raies ultimes sont aussi raies intenses d'absorption, peut-être à cause de la proximité des niveaux fondamentaux ^3P et $^1\overline{D}$.

Dans Mn, Bi et Sb, seules les raies qui ont leur origine aux niveaux fondamentaux ^6S pour le premier et ^4S pour les deux autres, sont des raies d'absorption et aussi ultimes.

Dans le Ni les raies ultimes ont leur origine aux niveaux $^3\overline{D}$ et $^1\overline{D}$, plutôt que sur ceux ^3F qui sont les fondamentaux.

En résumé nous pouvons dire que les raies d'absorption ne sont pas toutes des raies ultimes, et aussi que très peu des raies ultimes sont des raies d'absorption. La cause de ce fait expérimental est la suivante : Les méthodes d'excitation employées pour obtenir l'émission des raies ultimes

(1) *Contribución al Estudio de las Ciencias* (*Serie Matematicofisica*, 4, 1928, p. 229, et *Journal de Physique*, 6e série, 9, 1928, p. 121).

(2) *Contribución Estudio Ciencias*, 4, 1928, p. 481, et *Physikalische Zeitschrift*, 30, 1929, p. 68.

(3) *Contribución Estudio Ciencias*, 5, 1929, p. 39, et *Phys. Zeits.*, 30, 1929, p. 634.

(4) *Contribución Estudio Ciencias*, 5, 1929, p. 203, et *Phys. Zeits.*, 31, 1930, p. 457.

(5) *Contribución Estudio Ciencias*, 5, 1931, p. 393.

n'ont pas la pureté de la méthode qui sert à l'obtention des spectres d'absorption, dans lesquels n'apparaissent que les raies provenant des niveaux fondamentaux ou des niveaux qui sont très rapprochés des fondamentaux.

HYDROLOGIE SOUTERRAINE. — *Sur la communication du Trou du Toro avec les Goueils de Jouéou, source de la Garonne.* Note [1] de M. **Norbert Casteret.**

Le 21 août 1787, Ramond de Carbonnières découvrait le gouffre du Trou du Toro où s'engloutissent les eaux des glaciers de la Maladetta orientale et émettait l'hypothèse de sa communication avec les Goueils de Jouéou (Val d'Aran), principale source de la Garonne. Cette opinion fut adoptée par le comte Russel, Franz Schrader, E. A. Martel, Trutat, etc.

Mais, de 1896 à 1900, E. Belloc, après des expériences de coloration *insuffisantes* au gouffre et négatives aux Goueils, contesta la communication et supposa une communication avec le rio Esera. Sa conclusion fut acceptée de tous les auteurs, sauf M. E. A. Martel, qui n'a jamais cessé de proclamer que les expériences de Belloc ne pouvaient pas être considérées comme concluantes.

De 1928 à 1930 l'étude géologique de la question m'avait convaincu que le Trou du Toro communiquait, malgré les apparences, avec les Goueils de Jouéou. Mes conclusions à cet égard furent formelles et précises [*Le problème du Trou du Toro* (*Bull. Soc. d'Hist. nat. Toulouse*, 1er trimestre 1931)].

Pour clore la controverse et résoudre expérimentalement le problème, une expérience *massive* à la fluorescence était indispensable.

Les subventions de la fondation Loutreuil et de la Caisse des recherches scientifiques, de l'Institut d'Hydrologie, de la Société de Padirac, du Conseil général de la Haute-Garonne et le Prix d'Hydrologie (fondation Martel) de la Société de Géographie m'ont permis de réussir complètement cette expérience avec *soixante* kilogrammes de fluorescéine, les 19 et 20 juillet 1931.

Le bassin du Trou du Toro est à l'altitude de 2000^{m}, les Goueils de Jouéou, cascade résurgente très abondante (10 à 25 m^3/sec), sont à 1405^{m} d'altitude et à $3^{km},850$ de distance à l'Est.

Les deux points sont séparés par une crête de 2600^{m} d'altitude, limitrophe

(1) Séance du 17 août 1931.

de l'Aragon et de la Catalogne et qui appartient à la *ligne de partage des eaux* européennes (Garonne-Atlantique et Esera-Ebre-Méditerranée.)

Les 60^{kg} de fluorescéine ont été jetés le 19 juillet, de 19^h30^m à 20^h15^m, dans la cascade située à 150^m en amont du Trou du Toro. Ainsi le brassage du produit fut instantané et à 21^h le bassin renfermait en excès du ripolin vert.

Le 20 juillet à 4^h45^m du matin il avait recouvré sa limpidité; toute sa coloration était partie sous terre.

A 8^h nous arrivions à la résurgence des Goueils de Jouéou où nous trouvions la forte cataracte et le torrent (Garonne) vert intense.

Plusieurs témoins (auxquels j'ai fait signer des attestations nécessaires) avaient vu, à leur réveil, la Garonne colorée dès 6^h du matin, à l'Ermitage d'Artiga de Lin, à 2^{km} en aval de la résurgence.

L'apparition de la coloration a donc été antérieure, mais n'a pu être précisée et la transmission depuis le gouffre s'est faite *en moins de* 10 *heures*, bien plus vite qu'on ne le présumait.

M. Mariano Condò, de l'Ermitage d'Artiga de Lin, a vu la Garonne colorée jusqu'au 21 juillet à 9^h, soit pendant 27 heures.

Elle s'est montrée d'un vert intense jusqu'au confluent de la Garonne et de la Pique, distant de 40^{km}, où j'ai cessé de recueillir des attestations écrites.

En contre-partie Mmes Henri et Norbert Casteret, Mlles Casse et de Sède et moi-même, nous avons surveillé les résurgences du rio Esera (où nos contradicteurs plaçaient les réapparitions du Trou du Toro) jusqu'au vendredi 24, sans y percevoir aucune coloration.

D'ailleurs ces émergences font partie d'un chapelet de pertes et de résurgences échelonnées formant un complexe que j'avais décrit et expliqué et qui est indépendant du Trou du Toro.

Les conclusions de l'expérience confirment mes précédentes conclusions :

1° Le Trou du Toro et les Goueils de Jouéou communiquent ensemble, très rapidement (la fluorescéine a été transportée avec une vitesse de 400^m à l'heure).

2° Les eaux englouties au Trou du Toro ne revoient pas le jour dans la vallée de l'Esera (la source géographique du rio Esera se trouve au lac supérieur de Villamuerta).

3° La principale source de la Garonne n'est pas dans le Val d'Aran, mais aux grands glaciers de la Maladetta orientale (glaciers du Néthou, des Barrancs, des Tempêtes, des Salenques, des Moulières). La Garonne est donc aragonaise et naît dans le massif de la Maladetta, au flanc du Néthou.

4° Le cours souterrain, en cascades (600^m de dénivellation), ne comporte pas de grand bassin intercalaire de décantation.

5° Il passe sous la ligne de partage des eaux européennes.

6° L'engouffrement dans le Trou du Toro des eaux issues des glaciers susmentionnés constitue un *soutirage* actuel dans un méat du torrent qui, jadis, fut l'Esera et qui, par ce phénomène de *capture*, est devenu la Garonne naissante. Ce soutirage s'activera de plus en plus.

7° Cette capture est due à une bande de calcaires dévoniens fissurés, coincée dans les schistes de la Tusse blanche (2680^m), qui se perd avec métamorphisme dans les granits de la Maladetta et va s'élargissant vers le Val d'Aran dans le cirque d'Artiga de Lin.

8° Le cours souterrain se dirige à l'opposé de l'ancien thalweg en discordance absolue, exactement comme aux pertes du Doubs vers la Loue (d'après l'expérience de MM. Martel, Fournier et Maréchal faite les 31 août-4 septembre 1910).

9° Le phénomène, qui a causé un changement de bassin et de versant remarquable, est en train de creuser et préparer une série de futurs abîmes superposés, selon les modes de corrosion, érosion et pression hydrodynamique, auxquels sont dus les puits naturels du calcaire.

10° La constatation faite est fort importante pour ses conséquences d'ordre hydraulique, il était nécessaire de prouver irréfutablement la communication Toro-Jouéou.

Toutes ces conclusions sont conformes aux observations accumulées et aux opinions sur les abîmes et les eaux souterraines formulées depuis 1888 par M. E.-A. Martel.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la composition du beurre de Karité.* Note de MM. **J. Bougault** et **G. Schuster.**

Les emplois chaque jour plus nombreux du beurre de Karité nous ont engagés à chercher à augmenter nos connaissances sur les principes immédiats qui constituent cet important corps gras.

Pour cette étude nous avons appliqué la méthode d'oxydation au permanganate de potassium en solution acétonique que Hilditch et ses élèves ont fréquemment employée; nous en avons rappelé le principe dans une Note récente [1].

---

(1) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 953.

Les deux échantillons, d'origines différentes (¹), qui nous ont servi, avaient sensiblement les mêmes constantes :

Indice d'acidité (en acide palmitique) (pour 100)....	0,67 à 0,73
Indice d'iode....................................	44 à 46
Indice de saponification..........................	200
Insaponifiable (pour 100).........................	1,3

I. L'oxydation permanganique a laissé inattaqués 7,3 pour 100 de glycérides totalement saturés; les glycérides partiellement non saturés représentent donc la presque totalité de la matière grasse, soit 92,7 pour 100.

A. Les glycérides totalement saturés ont été fractionnés par des cristallisations dans l'alcool, à la température de 0°. Nous avons obtenu une partie cristallisée et une partie liquide. Cette dernière, la plus abondante, a été caractérisée comme tributyrine. La partie cristallisée a été séparée par fractionnements dans l'éther-acétone, puis dans l'éther de pétrole. Nous avons isolé ainsi une partie moins soluble, peu abondante, fondant à 64° et formée d'arachido-dipalmitine. Les eaux mères ont fourni un autre corps cristallisé fondant à 38°, formé de dibutyrostéarine.

B. Les glycérides acides, résultant de l'oxydation des glycérides partiellement non saturés, ont été séparés par dissolution dans l'alcool à 95° et cristallisation à 0° en deux parties : une partie liquide et une partie solide. La partie liquide paraît formée uniquement de dibutyroazélaïne, provenant par conséquent d'une dibutyrooléine. La partie solide a été séparée, par une série de cristallisations dans l'éther de pétrole et l'acétone, en deux composés que nous avons reconnus être : l'un de la β-palmito-αα-diazélaïne (Pf. 57°-58°) et l'autre de la αα-dipalmito-β-azélaïne (Pf. 60°-61°).

L'identification de ces deux glycérides a été faite par comparaison avec des glycérides dont la constitution a été fixée par leur préparation par voie synthétique.

II. En résumé, le beurre de karité contient 7,3 pour 100 de glycérides totalement saturés et 92,7 pour 100 de glycérides incomplètement saturés.

Les premiers sont formés de :

Tributyrine................	3,10 pour 100 environ
Dibutyrostéarine............	3,10 »
Arachidodipalmitine........	0,96 »

(¹) Nous devons à M. Lasausse, un de ces échantillons (100ᵍ). Le deuxième échantillon, beaucoup plus copieux, nous a été procuré par M. le Dʳ Lemeland.

Les seconds n'ont pas été obtenus à l'état isolé, mais caractérisés par leur transformation par oxydation en glycérides contenant au moins une molécule d'acide azélaïque. D'après la composition et la constitution de ces glycérides azélaïques, les glycérides non saturés existant dans le beurre seraient formés de :

Dipalmitooléine..............	19 pour 100 environ
Dibutyrooléine...............	54 »
Palmitodioléine..............	19 »

Au point de vue qualitatif, l'analyse que nous donnons n'exclut pas la présence possible de très petites quantités d'autres glycérides ; ceux que nous avons caractérisés sont certainement les plus abondants.

Au point de vue quantitatif, les chiffres donnés ne sont qu'approchés. On comprendra facilement que les méthodes de séparation des glycérides par cristallisation ne comportent pas une grande précision. Nous pensons cependant que nos résultats ne laissent pas place à plus de 5 pour 100 d'autres produits.

PHYSIOLOGIE. — *Combustion de l'alcool par le pœcilotherme; valeur du quotient de température.* Note [1] de M. **Maurice Nicloux**, présentée par M. A. Desgrez.

L'alcool introduit dans l'organisme d'un Mammifère, Chien ou Lapin, par ingestion sous forme d'une solution diluée à 10 pour 100, en disparaît complètement en 24 heures environ chez le Chien, en moins de 18 heures chez le Lapin. Il y est brûlé, même lorsque les quantités ingérées sont considérables, de l'ordre de 5^{cm^3} par kilogramme du poids de l'animal, et cela jusqu'aux termes ultimes de l'oxydation, l'acide carbonique et l'eau. Une quantité en général faible, approximativement proportionnelle à la quantité ingérée, est éliminée par le rein d'une part, par le poumon et par la peau d'autre part. Tels sont les faits aujourd'hui acquis.

La très grande exactitude du microdosage de l'alcool éthylique que j'ai récemment fait connaître [2], la possibilité d'utiliser la mesure de combustion de l'alcool éthylique comme test des oxydations intraorganiques [3],

(1) Séance du 27 juillet 1931.

(2) M. Nicloux, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 985.

(3) M. Nicloux, *C. R. Soc. Biol.*, 107, 1931, p. 529.

m'ont permis de soumettre au contrôle de l'expérience, dans des conditions de précision largement suffisantes, la question de savoir si l'alcool est brûlé par le pœcilotherme comme il l'est par l'homéotherme. Ceci démontré, il y avait lieu, pour différentes températures, de déterminer la vitesse de combustion, mesurée par la quantité d'alcool comburée en un temps donné, d'en déduire la valeur du quotient de température selon van't Hoff, et de s'assurer ainsi qu'elle est ou non doublée lorsque la température s'élève de 10° [1].

Toutes les expériences ont été faites sur la Grenouille (*Rana temporaria*) et ont duré 24 heures. L'animal, après avoir reçu sous la peau un poids a d'une solution d'alcool à 4 pour 100, est placé dans un appareil en verre, possédant un tube d'entrée pour l'air atmosphérique et un tube de sortie, ce dernier en communication avec une série de cinq petits barboteurs contenant de l'eau distillée destinés à retenir l'alcool éliminé par le poumon et par la peau. L'appareil est complètement immergé dans un thermostat réglé à une température donnée et est parcouru par un courant d'air de faible vitesse. Après 24 heures, l'animal est sacrifié, haché, distillé; on trouve dans le distillat et dans les barboteurs des quantités b et c d'alcool.

La quantité d'alcool q disparu, c'est-à-dire brûlé dans l'organisme, soit

$$q = a - (b + c),$$

ne représente pas ce que l'organisme aurait dû et aurait pu réellement brûler. En effet l'élimination par le poumon et par la peau, bien que relevant de processus entièrement physiques, soustrait, dès que la température s'élève, une quantité non négligeable d'alcool : 12,3 pour 100 à 29°, pour une quantité comburée de 85 pour 100 (voir le tableau ci-après); si la soustraction n'existait pas, cette quantité serait accrue proportionnellement :

$$\frac{85}{1 - 0,123} = 97.$$

Le tableau suivant résume onze expériences. Je n'y fais figurer que les moyennes :

---

(1) Quand la vitesse d'une réaction chimique double, le quotient de température Q_{10} est égal à 2, mais, comme l'a indiqué van't Hoff lui-même, ce quotient présente parfois des valeurs inférieures à 2 ou supérieures, atteignant 2,5, 3 et même 3,5 (J. H. VAN'T HOFF, *Vorlesungen über theoretische und physikalische Chemie*, 2te Auflage, 1901; voir pages 222 et suivantes).

Température (t).	Alcool éliminé pour 100 par le poumon et la peau.	Alcool comburé pour 100 en 24 heures. Valeurs non corrigées (q).	corrigées (k).
1°	2,5	14,3	14,7
12	4,9	29,7	31,3
16	17,3 (+ 7,9 pour 100 par l'urine)	35,9	42,3
22	8,8	56,1	61,4
29	12,3	85,1	97

En désignant par k_1 et k_2 la vitesse de réaction aux températures t_2 et t_1 ($t_2 > t_1$), on a, par application de la relation $\log k = m + nt$,

$$Q_{10} = \left(\frac{k_2}{k_1}\right)^{\frac{10}{t_2 - t_1}}.$$

D'où, pour les quatre intervalles de température 1-12°, 12-16°, 16-22°, 22-29°, $Q_{10} = 1{,}99$, 2,12, 1,86, 1,92. Pour l'écart total 1-29°, on a $Q_{10} = 1{,}97$.

Conclusion. — Dans les limites des températures de 1 à 29° auxquelles a été soumis un pœcilotherme (Grenouille), la quantité d'alcool brûlé en 24 heures a varié de 14 à 97 pour 100. Le quotient de température de la réaction biochimique intraorganique dont dépend la combustion de l'alcool est égal à 2.

ÉLECTRICITÉ PHYSIOLOGIQUE. — *Technique de la mesure des grandes chronaxies de* 0s,3 *à* 1s,5. Note [1] de M. **Georges Bourguignon**, transmise par M. d'Arsonval.

J'ai donné récemment les résultats de mes recherches sur la chronaxi- vestibulaire [2] et j'ai montré qu'en pathologie, chez les pseudo-mongoliens, cette chronaxie dépasse 0s,5 et peut atteindre 1s,5. La technique de la mesure de ces très grandes chronaxies mérite d'être discutée, car elle n'est pas sans présenter certaines difficultés.

En effet, ni les condensateurs, ni le chronaximètre de Lapicque, seuls appareils dont je dispose, ne permettent d'obtenir de semblables durées.

(1) Séance du 3 août 1931.

(2) G. Bourguignon, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 250.

La chronaxie la plus grande que l'on puisse mesurer directement est de 240^{σ} ($0^{s},24$) avec 60 microfarads, de 320^{σ} ($0^{s},32$) avec 80 microfarads, et seulement 100^{σ} ($0^{s},10$) avec le chronaximètre.

Ces appareils ne peuvent donc exciter le nerf vestibulaire des pseudo-mongoliens avec le voltage double du voltage rhéobsaique. Il faut donc calculer les grandes chronaxies vestibulaires de ces sujets.

Connaissant la rhéobase, on cherche le voltage liminaire pour la plus grande capacité dont on dispose ou pour la plus longue durée du chronaximètre de Lapicque. On calcule donc la chronaxie au moyen de la rhéobase d'une part et d'une capacité ou d'une durée de courant continu plus petites que la chronaxie d'autre part. Or on sait, depuis les recherches de Lapicque, que la loi d'excitation de Weiss et d'Hoorweg n'est pas exacte et que, du côté des temps courts ou des petites capacités, la droite de quantités de ces auteurs est raccordée à l'origine des axes par une courbe concave du côté des abscisses, et que du côté des temps longs ou des grandes capacités, elle est reliée, par une courbe concave vers les ordonnées, à une droite qui correspond à la loi de Dubois-Raymond et, prolongée vers la gauche, rejoint aussi l'origine des axes. La courbe des quantités a donc, comme Lapicque l'a montré, la forme d'un S renversé. Sa partie moyenne, comprise entre la chronaxie et le temps utile, se rapproche assez d'une droite pour qu'on puisse la considérer comme telle et lui appliquer les formules de Weiss ($q = a + bt$) et de Horweg ($q = a + bc$).

De ces considérations il résulte que, si le calcul donne des résultats satisfaisants pour les temps et les capacités compris entre la chronaxie et le temps utile, à condition encore de ne pas trop s'approcher de ce dernier, il n'est plus légitime pour les temps plus courts que la chronaxie. Les quantités correspondant à ces temps se trouvent sur la courbe de raccordement de la droite de Weiss et d'Hoorweg avec l'origine des axes et sont plus petites que les quantités qui se trouveraient sur cette droite si elle était exacte. L'erreur est d'autant plus grande que l'on se rapproche davantage de l'origine des axes en s'éloignant de la chronaxie. La chronaxie calculée ainsi au moyen de la formule de Weiss ou de celle d'Hoorweg est donc plus petite que la chronaxie réelle et l'erreur est d'autant plus grande que la chronaxie est elle-même plus grande.

Comment, dans ces conditions, mesurer ces grandes chronaxies vestibulaires ?

Si ces chronaxies, sûrement supérieures à $0^{s},320$ (320^{σ}), avaient atteint plusieurs secondes, leur mesure aurait été possible avec beaucoup de sécu-

rité au moyen d'un courant continu fermé à la main pendant un temps mesuré au métronome, comme Lapicque a pu le faire pour les très grandes chronaxies des algues.

Ne sachant rien de l'ordre de grandeur de ces grandes chronaxies vestibulaires, je hasardai, en première approximation, le calcul de ces chronaxies. Il était à prévoir que, pour ces grandes chronaxies, les condensateurs donneraient des chronaxies plus grandes que le chronaximètre et par suite plus près de la vérité, puisqu'ils permettent de prendre pour le calcul une quantité correspondant à une durée plus grande et par conséquent plus proche de la chronaxie que le chronaximètre. C'est ce que l'expérience a donné; elle a montré en outre que, pour les chronaxies comprises entre $0^s,5$ et $1^s,5$, l'écart entre les deux appareils est constant. Voici des exemples chez un enfant pseudo-mongolien, dont la chronaxie vestibulaire variait d'un jour à l'autre :

	Condensateurs		Chronaximètre		
Dates.	Capacité maxima en mf.	Chronaxie calculée en secondes.	Durée maxima en secondes.	Chronaxie calculée en secondes.	Rapport des deux chronaxies.
3 juin 1931........	60	$0^s,768$	$0^s,100$	$0^s,720$	1,4
10 juin 1931........	60	1,48	0,100	1,04	1,4
17 juin 1931........	80	0,740	1,100	0,514	1,4

Il reste maintenant à évaluer approximativement l'écart entre la chronaxie mesurée ainsi aux condensateurs dans ces conditions défectueuses et la chronaxie véritable.

Pour résoudre ce problème, j'ai eu recours au métronome. En libérant le métronome de Bergonié de l'appareil de fermeture et ouverture du circuit et en supprimant le poids, on peut mesurer environ le tiers de seconde, soit $0^s,30$ à $0^s,36$ suivant les appareils.

J'ai donc comparé la chronaxie calculée avec les condensateurs à la chronaxie mesurée au métronome. La chronaxie aux condensateurs s'est toujours trouvée comprise entre les deux chiffres qui limitent la chronaxie au métronome et ne diffère du chiffre le plus grand que de 10 à 20 pour 100. L'expérience a été faite avec plusieurs métronomes, toujours avec le même résultat.

Voici quelques exemples :

Sujets et dates.	Condensateurs. Capacité maxima en mf.	Condensateurs. Chronaxie calculée en secondes.	Métronome. Temps par battement en secondes.	Métronome. Limites de la chronaxie en secondes.	Écart entre la chronaxie calculée et la limite supérieure au métronome.
Gr. (M.), 27 juin 1930...	60	1s,67	0s,33	1s,65-1s,98	15 pour 100.
Ric. (L.), 5 juillet 1930....	60	0,63	0,35	0,35-0,70	10
Roi. (O.), 20 janvier 1931.	60	0,52	0,34	0,34-0,68	23

Conclusions. — De ces expériences il résulte que la chronaxie calculée avec les condensateurs diffère au maximum de 23 pour 100 de la vraie chronaxie, mesurée à 1/3 de seconde près. Sur les chiffres très grands dont il s'agit dans les chronaxies vestibulaires pathologiques, cette erreur est pratiquement négligeable et n'altère en rien les conclusions physiologiques et cliniques.

A défaut d'appareils permettant de mesurer directement les chronaxies de 0s,3 à 1s,5, l'emploi des condensateurs, à condition de disposer de 60 à 80 microfarads au moins, permet de connaître ces grandes chronaxies à 10 à 20 pour 100 près par défaut, ce qui est très acceptable.

Le chronaximètre ne donne qu'une approximation moins bonne pour ces grandes chronaxies, du fait qu'il ne permet pas d'obtenir de durée supérieure à 0s,100.

Ces expériences légitiment les mesures de chronaxies vestibulaires que j'ai données dans ma dernière Note.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la formation de l'adrénaline dans la glande surrénale.* Note [1] de MM. **J.-E. Abelous** et **R. Argaud**, présentée par M. A. Desgrez.

La question du rôle respectif de la substance corticale et de la substance médullaire de la surrénale dans la formation de l'adrénaline est encore l'objet de controverses. Cependant on attribue en général à la médullaire exclusivement l'adrénalinogénèse.

Les faibles quantités d'adrénaline qu'on trouve dans la corticale sont dues, pense-t-on, soit à la diffusion *post mortem*, soit à la présence d'îlots erratiques de substance médullaire.

---

[1] Séance du 10 août 1931.

En réalité, selon l'opinion de la grande majorité des auteurs, la corticale ne prendrait pas part à l'élaboration de l'adrénaline.

Nous pensons, au contraire, depuis longtemps que la corticale joue un rôle prépondérant dans cette sécrétion et que la médullaire doit être considérée plutôt comme la partie de l'organe destinée peut-être au parachèvement, en tout cas, à l'emmagasinement et à l'excrétion de l'adrénaline.

Des expériences nouvelles nous permettent de conclure nettement au rôle primordial de la corticale dans cette synthèse.

Des surrénales prélevées sur des chevaux qu'on vient d'abattre et maintenues à la température de la glace sont transportées le plus rapidement possible au laboratoire. On sépare soigneusement la corticale et la médullaire; on les pulpe, et la pulpe est passée à travers un tamis de crin à mailles très serrées.

On introduit dans un flacon de 1 litre de capacité la pulpe corticale et dans un flacon de même contenance la pulpe médullaire. On ajoute à chaque lot 142^{cm^3} d'eau et 8^{cm^3} d'une solution saturée de carbonate de soude. Les flacons sont soumis à l'agitation mécanique pendant 6 heures à la température du laboratoire (24°). Au bout de ce temps, on neutralise l'alcalinité par de l'acide sulfurique au dixième. Les albumines et les nucléoprotéides qui avaient été dissoutes sont précipitées ainsi en grande partie. On filtre ou l'on centrifuge. On neutralise s'il y a lieu l'excès d'acide par du carbonate de chaux. On recherche et l'on dose l'adrénaline par la réaction de Zanfrognini (oxyde de manganèse) et par celle de Comessati (acétate de soude et bichlorure de mercure). On contrôle les résultats par la réaction physiologique (élévation de la pression artérielle à la suite d'injections intraveineuses).

Voici le protocole de l'une des douze expériences que nous avons faites et dont les résultats ont été concordants.

Pulpe médullaire	17^g
Pulpe corticale	40^g

Ces pulpes sont chacune bien homogénéisées. On en prélève une partie (5^g pour la médullaire, 10^g pour la corticale) pour le dosage de l'adrénaline.

Les 5^g de médullaire contiennent $0^g,038$ d'adrénaline, les 10^g de corticale $0^g,0017$.

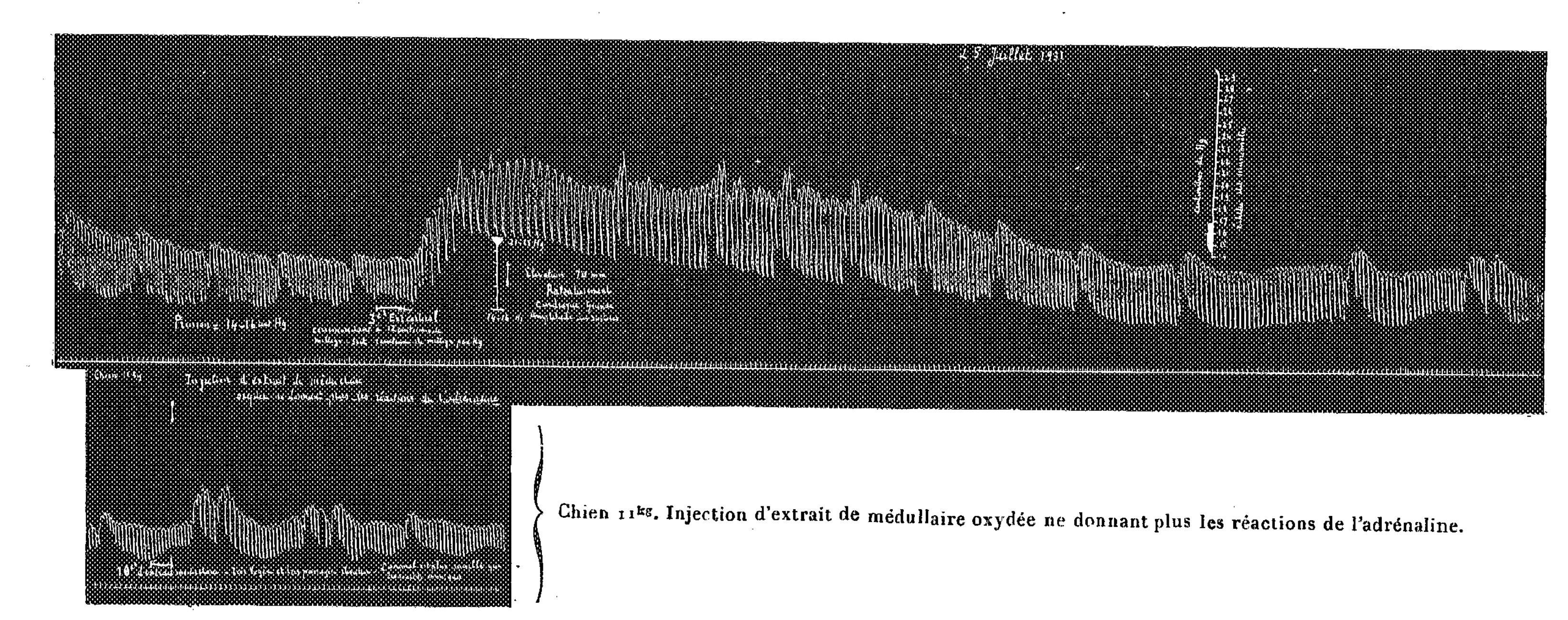
Ce qui reste des deux pulpes, soit 12^g de médullaire contenant $0^g,091$ d'adrénaline et 30^g de corticale contenant $0^g,0051$ d'adrénaline, sont agités au contact de l'air en milieu alcalin pendant 6 heures à la température de 24°.

On procède alors à la recherche et au dosage de l'adrénaline.

Dans le lot de la médullaire les résultats sont absolument négatifs; toute l'adrénaline a été détruite par oxydation.

Pour la corticale qui en contenait $0^g,0051$, après l'agitation à l'air, on trouve $0^g,0082$, soit une différence en plus de $0^g,0031$.

Chien 11kg. Chloralose morphine. Injection d'extrait de corticale de surrénale de cheval. La pulpe corticale additionnée d'eau et d'une solution saturée de CO^3Na^2 a été agitée au contact de l'air pendant 6 heures à la température du laboratoire (24°). La pulpe médullaire a été traitée de même : 20g de pulpe corticale, 5g de pulpe médullaire. Dans chaque lot : 142cm³ eau; 8cm³ d'une solution saturée de CO^3Na^2. Chaque extrait = 150cm³; 10cm³ d'extrait cortical = 0g,0004 d'adrénaline; 10cm³ d'extrait médullaire = 0 par la réaction de Zanfrognini (1 millionième) et celle de Bailly-Leulier au moins aussi sensible.



Chien 11kg. Injection d'extrait de médullaire oxydée ne donnant plus les réactions de l'adrénaline.

Si l'on rapporte les chiffres à 100g de pulpe, on voit qu'après l'agitation la corticale contiendrait en plus 10mg d'adrénaline.

Le contrôle physiologique a corroboré parfaitement ces résultats.

En résumé, la pulpe médullaire, soumise à l'agitation dans les conditions indiquées, a perdu toute son adrénaline, tandis que la quantité d'adrénaline formée dans la pulpe corticale dépasse celle qui a été détruite par l'oxydation.

Nous nous croyons donc autorisés à conclure que l'élaboration de l'adrénaline a lieu dans la substance corticale.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les propriétés antitoxiques de certains diphénols et leur mode d'action.* Note de M. Léon Velluz, présentée par M. H. Vincent.

Ainsi que l'a établi A.-C. Marie (1912), certains diphénols atténuent les toxines microbiennes. D'après cet auteur (1) un dixième de milligramme d'adrénaline, naturelle ou synthétique, ou 1mg de dioxybenzylméthylamine, neutralisent, vis-à-vis du cobaye, 5 à 6 doses mortelles des toxines tétanique ou diphtérique.

J'ai tout d'abord observé que le temps et la température du contact, *in vitro*, exaltaient de façon marquée les propriétés ainsi décrites. Il m'a suffi en effet de maintenir, pendant 48 heures à 39°, 500 doses mortelles de toxine tétanique ($pH \neq 8$), en présence de 4mg d'adrénaline base (2), pour obtenir une neutralisation complète de la toxine. Il en a été de même, dans des conditions identiques, pour 100 doses mortelles de toxine diphtérique. Dans l'un et l'autre cas l'injection sous-cutanée de $0^{cm^3},5$ du mélange reste inoffensive pour le cobaye de 350g.

Mais il paraît en outre important de rechercher si ces propriétés antitoxiques nettes d'un diphénol peuvent être rapprochées de celles, non moins marquées, des acides-phénols du type salicylique, telles que H. Vincent (H. Vincent, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1175; *Bull. Acad. Méd.*, 100, 1928; *C. R. Soc. Biol.*, 103, 1930, p. 747, etc.), puis H. Vincent et L. Velluz (3) les ont établies et précisées. A cet effet j'ai étudié, d'une part,

(1) A.-C. Marie, *C. R. Soc. Biol.*, 72, 1912, p. 864; 73, 1913, p. 39; 74, 1913, p. 221; 78, 1915, p. 330; 82, 1919, p. 581.

(2) Soit 2^{cm^3} d'une solution à 2 pour 1000, dans l'acide benzoïque (2 pour 1000).

(3) H. Vincent et L. Velluz, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 648.

les propriétés antitoxiques de l'adrénalone, molécule moins oxydable que l'adrénaline, et d'autre part, celles de composés sympathomimétiques voisins, non phénoliques, stables vis-à-vis de l'oxygène. Les résultats ont été les suivants :

1° L'adrénalone est sensiblement deux fois moins active que l'adrénaline. Dans des conditions semblables aux précédentes, 8^{mg} de cette base sont nécessaires pour neutraliser 500 doses mortelles de toxine tétanique.

2° L'éphédrine et la pseudoéphédrine, quoique utilisées à des concentrations plus élevées (20^{mg}) ne possèdent pas de propriétés antitoxiques appréciables.

Ces premiers faits permettent de présumer une relation entre l'oxydabilité de l'adrénaline et la neutralisation de la toxine tétanique. Mais c'est en utilisant une solution d'adrénaline à 2 pour 1000, légèrement vieillie et dès lors, moins toxique, que cette relation peut être établie.

L'injection sous-cutanée de 1^{cm^3} d'une solution légèrement oxydée d'adrénaline ne provoque, en effet, chez le cobaye de 350^g, aucun accident d'intoxication adrénalinique, et il en est de même si l'on maintient pendant 30 minutes à 39° cette solution, additionnée d'un volume égal de toxine diphtérique. Par contre, si l'on substitue à la toxine diphtérique, dans les mêmes conditions, la toxine tétanique, l'animal présente, en moins de 15 minutes, les symptômes nets de l'intoxication adrénalinique et meurt rapidement. La toxine tétanique fait donc réapparaître la toxicité primitive de l'adrénaline non oxydée : elle agit ainsi à la manière d'un réducteur chimique, le même phénomène étant observé avec 10^{mg} d'hydrosulfite de sodium.

Pour mieux démontrer que l'oxygène de l'air intervient de façon appréciable dans la neutralisation des toxines par l'adrénaline ou l'adrénalone, les mélanges convenables de ces diphénols avec la toxine tétanique (4^{mg} ou 8^{mg} pour 500 doses mortelles) ont été maintenus, dès l'origine, en tubes scellés, sous pression réduite (10-15^{mm} de Hg). Dans ces conditions, après 48 heures de contact à 39°, la coloration rouge, caractéristique du diphénol oxydé, n'apparaît pas. Mais parallèlement, surtout, aucune neutralisation appréciable de la toxine ne peut être observée. Un demi de chaque mélange, injecté au cobaye, provoque le tétanos typique, mortel en moins de 20 heures.

Il paraît dès lors difficile d'effectuer un rapprochement entre les propriétés antitoxiques de ces diphénols et les propriétés *cryptotoxiques* des acides salicyliques. Quelle que soit l'oxygénation du milieu, 500 doses

mortelles de toxine tétanique sont en effet toujours neutralisées par 1^{mg} de diiodosalicylate de sodium [1].

Cette conclusion est particulièrement intéressante lorsqu'on se propose de relier à la constitution chimique [2] les propriétés cryptotoxiques d'une molécule.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *De la sensibilité du spermophile* (Citillus citillus) *au virus de la fièvre boutonneuse*. Note de MM. **Georges Blanc** et **J. Caminopetros**, présentée par M. Roux.

Nous avons montré [3] que les animaux domestiques, porteurs habituels de *Rhipicephalus sanguineus* (chèvre, lapin, mouton, porc, pigeon, rat), n'étaient pas réceptifs à l'infection transmise à l'homme par cette tique et ne pouvaient jouer le rôle de réservoir de virus. Il nous a paru intéressant de rechercher si, parmi les animaux utilisés dans les laboratoires et parmi les rongeurs sauvages, il existait quelque espèce susceptible d'être infectée, par conséquent susceptible d'être un réservoir de virus ou tout au moins un animal d'entretien du virus par passages. Le cobaye ne nous a donné, comme à nos prédécesseurs, Olmer, Burnet, Conseil, Durand, aucun résultat. Non seulement on n'observe pas de courbe fébrile spécifique après l'inoculation de produit virulent mais, avec le sang de ces animaux, prélevé à plusieurs reprises, du cinquième au vingtième jour qui suivait l'injection de virus, nous n'avons jamais pu reproduire la fièvre exanthématique chez l'homme, même par voie intraveineuse.

La souris blanche se montre plus sensible. Dans un cas nous avons pu reproduire la fièvre boutonneuse chez l'homme par injection du cerveau broyé d'une souris inoculée avec des tiques infectées.

Nous avons recherché aussi la sensibilité d'un rongeur sauvage, le spermophile de Macédoine (*Citillus citillus*), et nous avons trouvé que cet animal est extrêmement réceptif au virus de la fièvre boutonneuse [4]. Il peut être infecté par inoculation de sang d'une personne malade ou par des tissus de

(1) Après 4 jours de contact à 39°.

(2) L. Velluz, *C. R. Soc. Biol.*, 107, 1931, p. 583.

(3) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 258.

(4) On sait qu'aux États-Unis plusieurs rongeurs (Sciuridés et Arctomidés) jouent un rôle important dans la conservation du virus de la fièvre tachetée des montagnes rocheuses.

tiques (*R. Sanguineus*) broyés en eau physiologique et injectés par voie intrapéritonéale ou sous-cutanée. En apparence, il ne réagit pas à l'infection, il ne paraît pas malade et ne meurt pas; cependant, il est plus réceptif que l'homme, parfois il s'infecte même lorsque le virus qui lui a été inoculé n'a pas infecté un homme. Son sang est plus virulent que le sang d'homme atteint de fièvre boutonneuse typique, et il donne aux sujets inoculés plus régulièrement une forme éruptive généralisée que le sang humain employé cependant à beaucoup plus fortes doses. Le passage de spermophile à spermophile se fait aisément, par inoculation de sang ou de viscères provenant d'un animal infecté. Le virus garde toute sa virulence même après plusieurs passages. Nous avons éprouvé la virulence du sang des spermophiles en inoculant des sujets volontaires relevant de la pyrétothérapie.

Voici les conclusions que nous pouvons tirer d'un grand nombre d'expériences.

1° Le spermophile de Macédoine est très réceptif au virus de la fièvre boutonneuse, provenant soit de l'homme (sang), soit de la tique *R. Sanguineus*. Il ne présente aucun signe clinique de son infection. Le sang, les viscères (foie et rate), le cerveau, sont virulents.

2° Le spermophile est plus réceptif que l'homme. Les infections transmises à l'homme par le sang ou les viscères de ce rongeur sont plus fortes et plus régulièrement typiques que celles obtenues par inoculation de sang hnmain ou par tissus de tiques broyés.

3° La souris blanche, quoique moins sensible que le spermophile, est réceptive au virus de la fièvre boutonneuse.

4° Nous savions déjà que plusieurs caractères communs rapprochaient la fièvre boutonneuse de la fièvre tachetée des montagnes rocheuses : Éruption (Conor, Olmer), tache noire (Pieri), présence de Rickettsias (Durand, Kuczynski et Hohenadel), hérédité du virus chez la tique (Blanc et Caminopetros). La sensibilité du spermophile en est un nouveau. Il reste à établir si les différences qui existent entre les deux maladies (moindre gravité de la fièvre boutonneuse, non sensibilité du cobaye) ne sont pas dues à la différence d'hôte intermédiaire et à la conservation du virus, dans un cas, sur des rongeurs du groupe des Arctomidés.

La séance est levée à 15h30m.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 10 août 1931.)

Note de MM. *Ch. Achard*, *A. Boutaric* et *A. Arcand*, Sur les propriétés physiques des protéines du sérum et des sérosités hydropiques dans la néphrose lipoïdique :

Page 314, ligne 1, *au lieu de* De ce même liquide, *lire* Du dernier liquide d'hydrothorax (n° 2) de la néphrose lipoïdique.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 31 AOUT 1931.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Jean Effront**, né à Vilna, Lithuanie, le 28 février 1856, Correspondant pour la Section d'Économie rurale depuis le 10 février 1919 et donne lecture d'une *Notice nécrologique* due à M. **E. Roux** :

L'Académie a perdu, le 22 août, un de ses correspondants de la Section d'Économie rurale, **Jean Effront**, directeur honoraire de l'Institut national des industries de fermentation à Bruxelles.

L'œuvre scientifique de Jean Effront s'étend à toutes les branches de la Chimie des fermentations.

La saccharification de l'amidon, la nature des produits qui y prennent naissance, le mode d'action de l'amylase font l'objet de ses premières publications qui datent de plus de quarante ans. Depuis, Effront n'a cessé d'apporter à ces problèmes de nouvelles contributions importantes, et tout récemment il a fait connaître les résultats fort intéressants qu'il a obtenus dans l'étude des dextrines formées au cours de l'hydrolyse diastasique de l'amidon.

La fermentation alcoolique et les diverses manifestations physiologiques de la levure offrent à Effront de nombreux sujets d'étude. Il a été un des premiers à s'occuper du mode d'action des antiseptiques sur la levure et du mécanisme de l'accoutumance des infiniment petits aux substances toxiques en général. C'est à lui que l'on doit l'emploi des fluorures en distillerie, méthode qui rend de grands services dans cette industrie.

Ses recherches de longue haleine sur la physiologie de la levure et en particulier sur la nutrition glucidique et azotée de cet agent de la fermentation ont permis à Effront de mettre au point des procédés très ingénieux de fabrication de levure de boulangerie sans production concomitante d'alcool, procédés d'une grande portée tant économique que scientifique.

D'autres fermentations ont été l'objet des études d'Effront, notamment celles des vinasses de betterave ainsi que la production de l'alcool en partant de la sciure de bois.

Les travaux d'Effront basés sur des recherches de laboratoire ont eu pour but une meilleure utilisation des produits agricoles, ils ont apporté des perfectionnements aux procédés industriels employés jusqu'alors et ont même abouti à la création d'industries nouvelles, travaillant des déchets réputés sans valeur. A l'esprit d'invention Effront joignait de remarquables qualités de réalisateur.

Les phénomènes d'adsorption, qui jouent un rôle si important dans nombre de processus biochimiques, ont attiré l'attention d'Effront et il a consacré en particulier à l'adsorption élective un mémoire plein d'aperçus originaux.

Grand érudit et esprit critique toujours en éveil, Effront a écrit des ouvrages techniques très appréciés; son dernier livre *Les catalyseurs biochimiques*, traitant des diastases protéolytiques, jouit d'une réputation bien méritée.

L'Académie exprime à la famille de Jean Effront les regrets qu'Elle éprouve de sa perte et lui adresse ses sincères condoléances.

En déposant sur le bureau une plaquette intitulée : *La Minéralogie de la France d'outre-mer au Muséum national d'Histoire naturelle* [1], M. **A. Lacroix** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur d'offrir à l'Académie un exposé de tout ce que le Muséum possède en fait de minéraux de roches de nos possessions proches ou lointaines.

Ces documents ont été pour la plupart réunis depuis 1893, époque à

(1) A. Lacroix, *La minéralogie de la France d'outre-mer au Muséum national d'Histoire naturelle* (Départements algériens, Colonies, Protectorats, Pays sous mandat français) (*Bulletin du Muséum d'Histoire naturelle*, 2e série, 3, Supplément 1931, Masson éditeur, 138 pages).

laquelle j'ai pris la direction de notre collection nationale; mais ils n'ont pas été seulement réunis, ils ont été aussi étudiés et décrits par nos élèves et surtout par moi-même.

Chaque colonie, protectorat, pays sous mandat a été successivement passé en revue. Un court paragraphe est consacré à la constitution géologique dans ses rapports avec la minéralogie, puis sont passés en revue les minéraux d'intérêt économique, les minéraux d'intérêt scientifique et enfin la lithologie.

Des bibliographies régionales donnent la liste des quelque 480 Notes, Mémoires ou Volumes que nous avons publiés. Elles permettent de se rendre compte de l'importance d'un effort poursuivi sans défaillance depuis trente-huit ans et d'où est sortie la plus grande partie de ce qui est actuellement connu sur la minéralogie et la géologie de la France d'outre-mer.

MÉTÉOROLOGIE. — *Un curieux phénomène météorologique.* Note de M. **H. Douvillé.**

Un violent orage accompagné d'une pluie diluvienne s'est déclaré lundi dernier après la séance de l'Académie; un quart d'heure après, le soleil reparaissait. En rentrant chez moi (207, boulevard Saint-Germain) j'ai vu la cour de l'immeuble jonchée de débris de plâtras : la foudre, m'a-t-on dit, venait de tomber sur une cheminée. J'ai pu repérer le point signalé et constater que la souche était écornée et que la feuille de zinc qui la recouvrait était fendue; aucun dégât n'était signalé ni dans l'intérieur de la cheminée la plus rapprochée, ni dans les appartements qu'elle traversait jusqu'au rez-de-chaussée. Ce n'était pas un coup de foudre ordinaire; le phénomène avait pu être par hasard observé directement et de près.

Il était environ $15^h 40^m$, le soleil brillait; au quatrième étage mon domestique Auguste Barridas (59 ans) travaillait assis devant une fenêtre donnant sur la cour : une vive lueur lui fait lever les yeux et il aperçoit dans le ciel une boule de feu, rouge, d'une trentaine de centimètres de diamètre, tombant obliquement au-dessus de la cour dans la direction Nord-Est; à une dizaine de mètres de distance, il la voit heurter au-dessus du toit le coin d'un massif de cheminées; elle éclate « à la manière d'un obus de 75 » m'a-t-il dit, lançant une pluie de feu et un fort déplacement d'air rejette brusquement en arrière l'observateur effrayé.

La lueur blanche éclatante et le bruit de l'explosion ont été perçus dans

la cour par le concierge et par les locataires du cinquième étage, qui ont vu tomber les plâtras illuminés. Le concierge dit en outre avoir senti une odeur de soufre et certaines personnes dans le voisinage ont ressenti une sorte de vibration.

Aucun corps étranger n'a été retrouvé dans la cour et il semble bien que ce phénomène présente les caractères de ce qu'on a appelé la foudre en boule; toutefois, aucune action électrique n'a été observée. Le peu d'importance des dégâts montre en tout cas que la masse du météore devait être extrêmement faible.

Une personne âgée, demeurant au cinquième étage, se rappelle avoir vu en Espagne dans sa jeunesse une boule de feu d'une grosseur analogue entrer par une fenêtre ouverte dans la pièce où la famille se trouvait à table, faire le tour de la table à une hauteur de 2^m environ et ressortir de la même manière sans éclater.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Activation, élimination d'un globule polaire et polyvoltinisme chez le Bombyx du mûrier.* Note [1] de MM. **E. Bataillon** et **Tchou Su**.

Nous avons établi antérieurement qu'à la fin d'une ponte ralentie certains œufs de Bombyx gardent leur première mitose polaire figée, malgré une polyspermie plus ou moins intense. Ces œufs, réfractaires à l'activation par le sperme, n'ont pas de membrane : la destinée très spéciale des élément mâles a été sommairement décrite.

La parthénogenèse par les acides (CO^2, acide acétique) réalise la condition inverse. En dehors de toute intervention des spermies, non seulement les mitoses polaires s'achèvent, mais deux faits nous accusent fréquemment une réaction supérieure à celle de la fécondation : la membrane est mieux détachée, et, à la deuxième cinèse maturatrice, le fuseau périphérique pousse une protubérance qui aboutit à la séparation d'un vrai globule *polaire*. Dans notre étude cytologique des œufs fécondés de races univoltines, pareil fait ne s'observait pas : les noyaux polaires étaient retenus dans le plasma.

Or, si l'on s'arrête aux divers traitements qui peuvent provoquer le bivoltinisme en supprimant la diapause chez les univoltins (chaleur, froid,

(1) Séance du 24 août 1931.

acides, électricité, actions mécaniques), l'on remarque que partout il s'agit de *facteurs d'activation*. Est-ce à dire que les traitements bivoltinisants entraîneront sur les œufs mûrs fécondés les mêmes symptômes que sur les œufs vierges? Pas nécessairement! Il suffit de noter que, si les techniques d'abolition de la diapause ont leur maximum d'efficacité avant la constitution de la bandelette embryonnaire, on les applique avec succès après 24 heures, 48 heures, 3 jours de développement ou même davantage. L'équilibre des cellules vitellines et du plasma qui les unit est donc susceptible de variation comme celui de l'œuf initial, sans que l'émission polaire soit nécessairement en cause. N'empêche que, dans notre pensée, le traitement superpose bien à l'activation limitée du début une réaction plus ample et de même ordre.

S'il est vrai que l'hypothèse prend une certaine force quand elle permet de prévoir des résultats, voici des prévisions qu'une étude suivie des premiers stades a permis de contrôler.

Ayant provoqué l'émission d'un globule polaire par un traitement parthénogénésique sur les œufs vierges d'une deuxième génération bivoltine, nous étions autorisés à soupçonner que les œufs fécondés de la même race présenteraient *spontanément* le phénomène à la première génération.

En fait, un premier élevage de bivoltins montre partout une réaction membranogène d'une netteté exceptionnelle et, dans la majorité des cas, la libération d'un globule nucléé à la deuxième division maturatrice. A la deuxième génération, les noyaux polaires sont couramment retenus.

On trouvera des exceptions : les différences que nous signalons ne sauraient s'exprimer par une loi du *tout ou rien*. Le bivoltinisme accidentel s'observe chez les univoltins; et puis, il ne faut pas oublier que le globule détaché n'est qu'un symptôme et probablement la conséquence d'une réaction membranogène plus forte, mais qui comporte des degrés.

A ce double symptôme (*membrane mieux détachée*, *émission d'un globule polaire*) s'en ajoute du reste un troisième. *La monospermie est le cas le plus fréquent* chez les œufs à globule; en tout cas, ils ne renferment jamais plus d'une spermie surnuméraire, alors qu'ailleurs (univoltins et bivoltins[2]) on en compte 2, 3, 4 ou même 5.

La suppression normale de la diapause chez les races bi- ou polyvoltines peut donc être rapportée logiquement à une intensité plus grande de la réaction membranogène.

Cette idée trouve d'ailleurs une élégante confirmation expérimentale dans l'application aux œufs, *vierges* ou *fécondés*, d'un traitement activant classique, le chloroforme. Exposés aux vapeurs chloroformiques une heure après la ponte pendant 10 minutes, les œufs *vierges de bivoltins*[2] (deuxième génération) donnent de 50 à 80 pour 100 de développements parthénogenésiques. Traités de la même manière, *les œufs fécondés* fournissent des résultats complexes qui mériteront une analyse détaillée. Mais deux faits sont à retenir ici :

1° le *trivoltinisme*, un certain pourcentage de développements directs aboutissant à des larves vigoureuses qui vraisemblablement franchiront la métamorphose;

2° *des émissions polaires partout très abondantes*, mais qui, sur une certaine catégorie d'œufs activés au maximum, s'observent *constamment*, avec une *réaction éliminatrice extraordinaire*.

Ces expériences synthétisent tous les symptômes postulés par notre thèse, sauf, bien entendu, le degré de polyspermie qui échappe à notre action.

Quant aux conditions qui peuvent rendre les premières pontes de bivoltins plus sensibles à l'activation spermatique. l'une est banale, bien connue des éleveurs : c'est la *taille des œufs* qui, *dans la règle*, sont beaucoup plus petits. Dans nos cultures, le volume va croissant des *bivoltins*[1] aux *bivoltins*[2] et aux *univoltins* (le même rapport vaut pour les larves, les adultes et les cocons).

On comprendrait déjà qu'une surface relative plus grande rende les premiers plus susceptibles, et à l'activation normale ou expérimentale, et aux oscillations banales des conditions de milieu : d'où cette propension à la parthénogenèse spontanée qui croît avec le polyvoltinisme (Jucci).

Mais ces œufs ont une caractéristique constitutionnelle que l'étude cytologique met bien en évidence : *une richesse exceptionnelle en plasma actif*. La comparaison est faite vers 2 heures ou 2 heures et demie sur le matériel en maturation. Les œufs de *bivoltins*[1] se montrent, sur les coupes, constellés d'îlots plasmatiques dont les pointes se prolongent sur un réseau. Ces îlots donneraient même au premier abord l'illusion d'un semis de cellules intravitellines. Or, nous ne les voyons nulle part sur les œufs des deux autres sortes, dont les enclaves vitellines sont plus pressées et dont la structure générale apparaît beaucoup moins lâche. La couche corticale est également bien plus épaisse chez les œufs de ces premières pontes.

Conclusions. — Les traitements parthénogénésiques provoquent couramment chez les œufs vierges de Bombyx une réaction membranogène très accusée avec expulsion d'un globule polaire à la deuxième division maturatrice.

Les *bivoltins*[1], dans la majorité des cas, présentent spontanément la même expulsion : plus de la moitié de ces œufs à globule sont *monospermiques*, les autres n'ont *jamais plus d'une spermie surnuméraire*.

Les *univoltins* et les *bivoltins*[2] sont plus inertes, plus fortement polyspermiques et, dans la règle, retiennent leurs noyaux polaires.

Un traitement au chloroforme qui fournit une large parthénogenèse sur

les *œufs vierges de bivoltins*[2] provoque, sur les *mêmes œufs fécondés*, le *trivoltinisme* et, au maximum de réaction, une large expulsion de fluides avec formation constante d'un globule polaire.

Les traitements bivoltinisants sont des agents d'activation. C'est en accentuant secondairement une réaction éliminatrice déficiente qu'ils suppriment la diapause.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Géométrie projective des congruences de courbes*. Note de M. **Paul Delens**, transmise par M. Élie Cartan.

1. Nous étudierons les congruences de l'espace projectif à trois dimensions par la méthode de M. E. Cartan (1) des particularisations successives d'un repère mobile $A_0A_1A_2A_3$; nos notations seront celles de MM. Fubini et Čech (2). Les formules fondamentales sont :

$$(1) \qquad dA_i = \Sigma\omega_{ij}A_j, \qquad d\alpha_i = -\Sigma\omega_{ji}\alpha_j, \qquad \Sigma\omega_{ii} = 0, \qquad \omega'_{ij} = \Sigma[\omega_{ik}\omega_{kj}].$$

Pour les symboles de différentiation δ restreints à la variation des paramètres auxiliaires, les formes de Pfaff ω_{ij} sont remplacées par e_{ij}; A_0 étant le point courant, $\mathfrak{A} = [A_0A_1]$ la tangente à la courbe, $\alpha_3 = [A_0A_1A_2]$ le plan osculateur, on aura $[\omega_2\omega_3\omega_{13}] = 0$ (les formes principales ω_{01}, ω_{02}, ω_{03} étant en général écrites ω_1, ω_2, ω_3); à partir de ce choix initial du repère, les particularisations successives fixeront les coefficients x_{ijk} des formes $\omega_{ij} = \Sigma x_{ijk}\omega_k$ rendues invariantes.

Les déplacements δ étant d'abord astreints à conserver *en position* A_0, $\mathfrak{A}$, α_3, six formes e_{ij} $(i<j)$ sont nulles : les $\delta\omega_{ij}$ correspondants mettent en évidence la forme quadratique invariante relative

$$(2) \qquad \Phi = \omega_2\omega_{13} - \omega_3\omega_{12} = -\frac{1}{2}[d\mathfrak{A}.d\mathfrak{A}];$$

la mobilité du repère permet de prendre (pour le cas *le plus général* que nous

(1) E. Cartan, *Sur la déformation projective des surfaces* (*Ann. Éc. Norm.*, 3e série, 37, 1920, p. 259).

(2) G. Fubini et E. Čech, *Introduction à la Géométrie projective différentielle des surfaces*, p. 218 (Paris 1931).

traitons seul)

(3) $$\omega_{13} = \omega_2, \qquad \omega_{23} = -a\omega_1, \qquad \omega_{12} = \omega_1,$$

(4) $$\Phi = \omega_2^2 - \omega_1\omega_3 = \omega_{13}^2 + \frac{1}{a}\omega_{03}\omega_{23},$$

le rapport $x_{231} : x_{132} = -a$ étant un invariant absolu. Cette première particularisation fixe les positions de A_1, A_2, α_1, α_2 et annule e_{10}, e_{20}, e_{21}, e_{31}, e_{32}, $e_{11} + e_{22}$, $3e_{11} + e_{33}$.

2. Les dérivées extérieures des relations (3) donnent le système

(5) $$\left\{\begin{array}{c} [2(\omega_{11} + \omega_{22})\omega_2 + (\omega_{10} + \omega_{32})\omega_3] = 0, \\ [\{da - 2a(\omega_{11} + \omega_{22})\}\omega_1 + (1 - a)\omega_{21}\omega_2 + (\omega_{20} - a\omega_{31})\omega_3] = 0, \\ [(3\omega_{11} + \omega_{33})\omega_1 + (\omega_{10} - \omega_{32} + \omega_{21})\omega_2 + \omega_{31}\omega_3] = 0; \end{array}\right.$$

$(5)_1$ fait apparaître la forme quadratique invariante relative

(6) $$\Pi = 2(\omega_{11} + \omega_{22})\omega_2 + (\omega_{10} + \omega_{32})\omega_3 = b\omega_2^2 + 2e\omega_2\omega_3 + c\omega_3^2,$$

et l'on pourra prendre $e = 1$, $e_{11} = 0$; $(5)_3$ donne la forme quadratique

(7) $$\Lambda = (3\omega_{11} + \omega_{33})\omega_1 + (\omega_{10} - \omega_{32} + \omega_{21})\omega_2 + \omega_{31}\omega_3 = j\omega_2^2 + 2i\omega_3\omega_1 + \ldots$$

dont quatre coefficients sont invariants, ainsi que $2i + j$, et $\delta\Lambda = -2e_{30}\Phi$; en prenant par exemple $i = 0$, donc $[\omega_2\omega_3\omega_{31}] = 0$, on aura $e_{30} = 0$; la seconde particularisation donne un repère normal. La détermination de toutes les formes ω_{ij}, qui s'ensuit, fournit 22 invariants fondamentaux liés par des conditions d'intégrabilité que nous ne pouvons développer ici.

3. Quelques considérations géométriques permettent de préciser les cas d'exception (correspondant à des équations invariantes) et les cas particuliers. A la forme Φ sont attachés, d'après (4), un cône de Malus $\mu^{(2)}$ de sommet A_0 et une conique $M^{(2)}$ dans α_3 :

(8) $$\mu^{(2)} = \alpha_2^2 - \widehat{\alpha_1\alpha_3}, \qquad M^{(2)} = A_1^2 + \frac{1}{a}\widehat{A_0A_2};$$

à un déplacement de A_0 suivant une génératrice de $\mu^{(2)}$ correspond sur $\mathfrak{A}$ un foyer F par l'homographie $\alpha_2 A_0 - \alpha_3 A_1$; d'autre part, le produit des polarités par rapport à $\mu^{(2)}$ et $M^{(2)}$ définit sur $\mathfrak{A}$ un point P par l'homographie $\alpha_2 A_0 - a\alpha_3 A_1$; P et F se correspondent homographiquement et nous avons choisi pour A_1 le second point double de cette homographie, le premier étant A_0; a est le birapport $(A_0 A_1 PF)$. Nous écartons les cas de décomposition de $\mu^{(2)}$ et $M^{(2)}$ ($a = 0$, congruence de courbes planes;

a infini); pour $a = 1$, P et F coïncidant toujours, on ne peut poursuivre la particularisation. Pour $a = -1$, involution, on a le cas particulier intéressant d'une congruence formée d'asymptotiques d'une famille de surfaces, comme cela résulte de la formule

$$[\omega_3 \omega'_3] = (1 + a)[\omega_1 \omega_2 \omega_3]. \tag{9}$$

4. La condition $(3)_1$ nous ramène à la géométrie des complexes de droites, étudiée, après M. G. Kœnigs, par M. P. Mentré [1]; le complexe en question est celui des tangentes $\mathcal{A}$. Posons $\mathcal{G} = [A_0 A_3]$, $\mathcal{T} = [A_1 A_2]$, $\mathcal{C} = \mathcal{G} + \mathcal{T}$; $[\mathcal{C}\mathcal{A}] = 0$ et $(3)_1$ donne

$$[\mathcal{C}\, d\mathcal{A}] = 0, \tag{10}$$

soit $\mathcal{C}$ complexe linéaire tangent, et la forme quadratique

$$\Gamma = [d\mathcal{C} . d\mathcal{A}] = \mathrm{II} - (1 + a)\omega_1^2, \tag{11}$$

définissant, à partir de A_0, le cône $\Gamma = 0$ des directions pour lesquelles $\mathcal{C}$ est osculateur, se substitue à II. A $\mathcal{C}$ se rattache encore la correspondance entre foyer F et plan focal φ.

Les conditions (3) conduisent à l'étude de la congruence $(A_1, \mathcal{A})$ correspondant à la congruence $(A_0, \mathcal{G})$ $(\omega_1 = \omega_2 = 0)$, α_2 étant alors plan osculateur pour A_1; Φ définit encore pour A_1 un cône et une conique de Malus, $\nu^{(2)}$ et $N^{(2)}$, d'après

$$\Phi = \omega_{13}^2 - \omega_{12}\omega_{03} = \omega_{02}^2 - \omega_{12}\omega_{03}, \tag{12}$$

$$\nu^{(2)} = \alpha_3^2 - \widehat{\alpha_2 \alpha''}, \qquad N^{(2)} = A_0^2 - \widehat{A_1 A'}; \tag{13}$$

ω_{10} et ω_{32} étant exprimés en $\omega_{01} = \omega_{12}$, $\omega_{02} = \omega_{13}$, ω_{03}, inversement ω_{03} sera exprimé en ω_{13}, ω_{12}, ω_{10} ou ω_{02}, ω_{12}, ω_{32}. On dispose alors sur $\mathcal{G}$ des points A_0, S conjugué de A_0 par rapport à $N^{(2)}$, Q sur le plan χ conjugué de α_3 par rapport à $\nu^{(2)}$ et passant par A_2. Le choix indiqué en 2 pour A_3 n'avait rien d'essentiel; tout autre choix intrinsèque pourra être fixé par la valeur donnée au birapport $(A_0 A_3 SQ)$ facile à calculer. Il est facile aussi de relier les éléments projectifs introduits ici à la théorie déjà établie des congruences en géométrie métrique ou affine [2].

---

[1] P. Mentré, *Les variétés de l'espace réglé*, p. 86 (*Thèse*, Paris 1923).
[2] P. Delens, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 469, 791, 1623, et 193, 1931, p. 334.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries d'Hermite et de Laguerre.* Note (¹) de M. **E. Kogbetliantz**, transmise par M. Émile Borel.

1. La série d'Hermite de $f(x)$

$$(\mathrm{H}) \qquad f(x) \sim \sum_{0}^{\infty} \frac{\mathrm{H}_n(x)}{2^n n!\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-u^2} f(u)\,\mathrm{H}_n(u)\,du$$

n'est pas sommable (C, δ) quelque grand que soit δ, si pour $|x| \to \infty$ $f(x)$ croît plus rapidement que $e^{\frac{x^2}{2}}$. Supposons que $f(x)$ vérifie dans tout intervalle *fini* les conditions suffisantes de *convergence* de la série (H) et que pour $|x| \to \infty$ elle est $\mathrm{O}(e^{qx^2})$. La transformation d'Euler permet de sommer sa série d'Hermite (H), si $q \leqq \frac{5}{8}$. Répétée deux fois elle réussit pour $\frac{5}{8} < q \leqq \frac{11}{16}$. Considérons le procédé d'Euler d'ordre k, (E, k), où k est un nombre positif quelconque ($=$ ou $\neq \mathrm{E}_{(k)}$) et désignons la $n^{\text{ième}}$ moyenne d'ordre k d'Euler de la série-noyau (²) de (H) par $\mathcal{E}_n^{(k)}$. Le théorème d'addition

$$2^n \mathrm{H}_n\left(\frac{x+u}{\sqrt{2}}\right) = \sum_{m=0}^{n} \mathrm{C}_m^{(n)} \mathrm{H}_m(x)\,\mathrm{H}_m(u)$$

permet de trouver la fonction génératrice $\sum_{0}^{\infty} \mathcal{E}_n^{(k)} z^n$, d'où l'expression approchée suivante, avec $\theta = 2^{-k}$:

$$(1) \qquad \sqrt{2\pi}\,\mathcal{E}_n^{(k)} = e^{\frac{(u+x)^2}{4}} \mathrm{L}_n^{\left(\frac{1}{2}\right)}\left[\frac{\theta}{2}(u-x)^2\right] \{\sqrt{\theta} + \varepsilon_n\},$$

$\mathrm{L}_n^{(\alpha)}(x)$ étant le polynome de Laguerre et $\varepsilon_n = o(1)$.

Nous avons établi que l'inégalité

$$(2) \qquad \mathrm{L}_n^{(\alpha)}(x) = \mathrm{O}\left(e^{\frac{x}{2}}\, n^{\frac{\alpha}{2}-\frac{1}{4}}\, x^{-\frac{\alpha}{2}-\frac{1}{4}}\right),$$

qui n'a été démontrée jusqu'à présent que pour x fini, $0 < x < a$, est valable

(¹) Séance du 24 août 1931.

(²) Voir les Notes des *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 662 et 1696.

uniformément quel que soit x dans $(0, \infty)$, et cela pour toutes les valeurs de $\alpha \gtrless 0$. En outre, pour $x \geqq n + \alpha$, on a

$$(3) \qquad n! \, |L_n^{(\alpha)}(x)| \leqq (2x)^n \qquad (x \geqq n + \alpha).$$

Ces inégalités et la formule approchée de Féjer pour $L_n^{(\alpha)}(x)$ nous ont permis de démontrer le théorème suivant :

I. *La série* (H) *d'une fonction* $f(x)$, *vérifiant dans* $(-a, a)$ *les conditions suffisantes de convergence de* (H), *est sommable* (E, k) *avec la somme* $2^{-1}[f(x-0)+f(x+0)]$ *pour* $k \log 2 \geqq -\log(3-4q)$, *si le produit*

$$|u|^{-1} e^{-qu^2} |f(u)| \qquad \left(\frac{1}{2} \leqq q < \frac{3}{4}\right)$$

est intégrable dans les intervalles $(-\infty, -\alpha)$ *et* (α, ∞).

La série-noyau de (H) transformée par le procédé d'Euler diverge pour u fini tout comme avant la transformation et cette dernière n'améliore point les conditions de convergence relatives à l'allure de $f(x)$ dans un intervalle *fini*. Dans les Notes précédentes ([1]), nous avons montré qu'à ce point de vue le procédé (C, δ) est très utile. En superposant (C, δ) et (E, k), on a la moyenne mixte $\mathcal{E}^{(k)} S_n^{(\delta)}$ de la série-noyau et

$$\sqrt{2\pi}.\mathcal{E}^{(k)} S_n^{(\delta)} = n^{-\delta}\Gamma(\delta+1) e^{\frac{(u+x)^2}{4}} L_n^{\left(\delta+\frac{1}{2}\right)}\left[\frac{\theta}{2}(u-x)^2\right]\{\sqrt{\theta}+\varepsilon_n\},$$

ce qui donne la formule approchée pour cette moyenne à l'aide de celle pour $L_n^{\left(\delta+\frac{1}{2}\right)}$. Cette formule et les inégalités (2) et (3) permettent d'établir le théorème suivant :

II. *La série* (H) *d'une fonction* $f(x)$, *intégrable* (L) *dans* $(-a, \alpha)$, *est sommable* (C, δ), (E, k) *avec la somme* $2^{-1}[f(x-0)+f(x+0)]$ *pour* $k \log 2 \geqq -\log(3-4q)$ *pourvu que le produit*

$$|u|^{-(2\delta+1)} e^{-qu^2} |f(u)|$$

soit intégrable dans $(-\infty, -a)$ *et* (a, ∞).

Ainsi le problème de sommation des séries d'Hermite divergentes est résolu pour toute $f(x)$, intégrable (L) dans tout intervalle fini et telle que pour $|x| \to \infty$ on ait $f(x) = O(e^{qx^2})$ avec $4q < 3$. La série (4) existe pour $q < 1$ et la question reste ouverte pour $3 \leqq 4q < 4$.

2. Szegö a démontré ([2]) que la condition $f(x) = O(x^M)$, où $M = O(1)$,

---

([1]) *Loc. cit.*

([2]) *Mathematische Zeitschrift*, 25, 1926, p. 87-115.

assure la sommabilité $\left(C, \delta > \alpha + \frac{1}{2}\right)$ de la série de Laguerre de $f(x$

$$(4) \qquad f(x) \sim \sum_{0}^{\infty} \frac{\Gamma(n+1)\, L_n^{(\alpha)}(x)}{\Gamma(n+\alpha+1)} \int_0^{\infty} e^{-u} u^{\alpha} f(u)\, L_n^{(\alpha)}(u)\, du$$

au point $x = 0$, si $f(x)$ est intégrable (L) dans tout intervalle fini $(0, a)$. Les inégalités (2) et (3) permettent de préciser l'influence de l'allure de $f(x)$ à l'infini sur la sommabilité (C, δ) de (4). On a d'abord :

III. *Pour* $x = 0$ *la série de Laguerre de* $f(x)$, *intégrable* (L) *dans* $(0, a)$, *est sommable* (C, δ) *avec la somme* $f(+0)$, *si le produit* $x^{\alpha-\delta-\frac{1}{2}} e^{-\frac{x}{2}} |f(x)|$ *est intégrable dans l'intervalle* (a, ∞).

On en déduit la sommabilité $\left(C, \delta > \alpha + \frac{1}{2}\right)$ pour tout δ supérieur à $\alpha + \frac{1}{2}$, si pour $x \to \infty$ on a $f(x) = O\left(e^{\frac{x}{2}}\right)$, et, en général,

$$f(x) = O\left(x^{\beta} e^{\frac{x}{2}}\right) \qquad (\beta \geqq 0)$$

assure la sommabilité $\left(C, \delta > \alpha + \beta + \frac{1}{2}\right)$ de (4) au point $x = 0$. La fonction

$$F_{\beta}(x) = \sum_{n=1}^{\infty} n^{-2} [\Gamma(n+1)]^{\frac{1}{2}+\beta} L_{\Gamma(n+1)}^{\left[-\left(\frac{1}{2}+2\beta\right)\right]}(x^2)$$

vérifie pour $x \to \infty$ la condition $f(x) = O\left(x^{\beta} e^{\frac{x}{2}}\right)$. Néanmoins, sa série (4) au point $x = 0$ n'est pas sommable (C, δ), si $\delta < \alpha + \beta + \frac{1}{2}$. Cet exemple précise la portée du théorème III. Il reste à établir si la condition

$$f(x) = O\left(x^{\beta} x^{\frac{x}{2}}\right)$$

suffit pour assurer $\left(C, \delta = \alpha + \beta + \frac{1}{2}\right)$ de (4) pour $x = 0$. Dans $(0, \infty)$ la série de Laguerre de $F_{\beta}(x)$ n'est sommable nulle part $\left(C, \delta < \frac{\alpha}{2} + \beta + \frac{1}{4}\right)$ et la condition étudiée ne suffit pas, par conséquent, pour assurer

$$\left(C, \delta < \frac{\alpha}{2} + \beta + \frac{1}{4}\right)$$

de (4) pour $x > 0$. Nous avons démontré qu'elle assure, en ce qui concerne l'allure de $f(x)$ à l'infini, la sommabilité (C, δ) pour $\delta > \frac{\alpha}{2} + \beta + \frac{1}{4}$ et il

reste à préciser si elle est une condition suffisante de sommabilité (C, δ) de (4) pour $\delta = \frac{\alpha}{2} + \beta + \frac{1}{4}$.

ÉLASTICITÉ. — *Sur une application des formules de M. Schwarz, de M. Villat et de M. Dini au problème plan d'élasticité.* Note (¹) de M. **G. Kolossoff**, présentée par M. Mesnager.

La formule de M. Schwarz (²)

$$f(z) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \varphi(\theta)\,\frac{R e^{i\theta} + z}{R e^{i\theta} - z}\,d\theta + i a_0 \tag{1}$$

et de M. Dini (³)

$$\psi(\theta) = b_0 - \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \varphi'(\theta_1)\,\log\frac{1}{4\sin^2\frac{\theta_1-\theta}{2}}\,d\theta_1 \tag{2}$$

[$f(z) = \varphi + i\psi$ fonction de la variable $z = x + iy$, holomorphe à l'intérieur d'un cercle dont O est le centre et R le rayon; r, $\theta(\theta_1)$ les coordonnées polaires; $\varphi(\theta)$, $\psi(\theta)$ les valeurs de φ et ψ sur le centre; a_0, b_0 des constantes réelles arbitraires] donnent lieu aux formules analogues dans le problème plan d'élasticité.

Remplaçons d'abord $f(z)$ par $i f(z) = -\psi + i\theta$ dans (1). Nous arrivons à la formule

$$f(z) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} i\,\psi(\theta)\,\frac{R e^{i\theta} + z}{R e^{i\theta} - z}\,d\theta + i a_0 \tag{3}$$

et en l'ajoutant à (1)

$$2 f(z) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} [\varphi(\theta) + i\psi(\theta)]\,\frac{R e^{i\theta} + z}{R e^{i\theta} - z}\,d\theta + 2 i a_0. \tag{4}$$

Soient R_r, θ_θ, R_θ les tensions (suivant les axes des coordonnées polaires) d'un problème plan d'élasticité

$$2 R_\theta + i(R_r - \theta_\theta) = -\frac{\bar{z}}{2}\,i\,\Phi'(z) + \frac{F(z)}{r^2} \quad (^4), \tag{5}$$

$$R_r + \theta_\theta = \mathcal{R}\,\Phi(z),$$

(¹) Séance du 10 août 1931.

(²) *Ges. Abh.*, 2, p. 152. — Boggio, *Atti R. Ac. di Torino*, 47, 1911, p. 22-37.

(³) Levi-Civitá, *Rendiconti della R. Ac. dei Lincei*, 20, 1911, p. 287.

(⁴) Voir nos Mémoires : *Sur une application de la théorie des fonctions d'une variable imaginaire au problème plan d'élasticité* (Dorpat, 1909) et les Notes dans les *Comptes rendus*, 146, 1908, p. 522; 148, 1909, p. 1242 et 1706; 181, 1925, p. 24 et 317.

$F(z)$, $\Phi(z)$ deux fonctions de la variable z qu'on détermine au moyen des conditions à la frontière et que nous supposerons holomorphes ainsi que $\Phi'(z)$ à l'intérieur du cercle R.

On voit par (5) que $[2R_\theta + i(R_r - \theta_\theta)]_{r=R}$ prend les valeurs de la fonction

$$-\frac{z}{2}i\Phi'(z) + \frac{F(z)}{R^2}$$

et nous tirerons de (1) et de (4) :

$$(6) \qquad -\frac{z}{2}i\Phi'(z) + \frac{F(z)}{R^2} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} 2R_\theta \frac{Re^{i\theta}+z}{Re^{i\theta}-z}d\theta + ia_0$$

$$= \frac{1}{4\pi}\int_0^{2\pi} [2R_\theta + i(R_r - \theta_\theta)]\frac{Re^{i\theta}+z}{Re^{i\theta}-z}d\theta + ia_0$$

ainsi que

$$(7) \qquad \int_0^{2\pi} 2R_\theta \frac{Re^{i\theta}+z}{Re^{i\theta}-z}d\theta = \frac{1}{2}\int_0^{2\pi} [2R_\theta + i(R_r - \theta_\theta)]\frac{Re^{i\theta}+z}{Re^{i\theta}-z}d\theta.$$

En remarquant que

$$R_r + \theta_\theta = -R_r + \theta_\theta + 2R_\theta i + 2(R_r - iR_\theta)$$

et en multipliant cette égalité par $\frac{1}{2\pi}\frac{Re^{i\theta}+z}{Re^{i\theta}-z}d\theta$ et en intégrant suivant le contour du cercle R de θ à 2π, nous obtiendrons au moyen de (1)

$$\Phi(z) = \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} 2R_\theta i \frac{Re^{i\theta}+z}{Re^{i\theta}-z}d\theta + \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} 2(R_r - iR_\theta)\frac{Re^{i\theta}+z}{Re^{i\theta}-z}d\theta + ia_0,$$

ou

$$(8) \qquad \Phi(z) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} 2(R_r + iR_\theta)\frac{Re^{i\theta}+z}{Re^{i\theta}-z}d\theta + ia_0.$$

Cette formule analogue à la formule (1) donne sous une forme très simple [avec la formule (6)] la solution du problème plan pour le cercle R si R_r et R_θ sont données à la frontière pour $r = R$ [1] et l'on s'aperçoit immédiatement que les tensions ne devenant pas infinies pour $r = 0$ il faut prendre $a_0 = 0$. En prenant au lieu de (1) la formule de M. Villat [2] pour

(1) La solution que j'ai publiée dans mon Mémoire de Dorpat (1900) est plus compliquée ainsi que la solution que nous avons publié avec M. Muschelišvili, mais toutes les méthodes donnent les mêmes expressions pour les tensions.

(2) *Rendiconti del Circolo Mathematico di Palermo*, 33, 1912, p. 147. H et K s'expriment au moyen des fonctions ζ et ζ_3 de Weierstrass.

une aire annulaire entre le cercle $r=1$, et le cercle $r=q<1$:

$$(9) \qquad f(z)=\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\varphi_1\,d\theta+\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi}\varphi_1\,\mathrm{H}\,d\theta-\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi}\varphi_q\,\mathrm{K}\,d\theta+ia_0,$$

où

$$\mathrm{H}=\sum\frac{z^n e^{-in\theta}-q^{2n}z^{-n}e^{in\theta}}{1-q^{2n}}, \qquad \mathrm{K}=\sum\frac{q^n(z^n e^{-in\theta}-z^{-n}e^{in\theta})}{1-q^{2n}},$$

nous trouverons de la même manière que pour le cercle la formule suivante pour le problème d'élasticité dans une aire annulaire

$$f(z)=\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}2(\mathrm{R}_r+i\mathrm{R}_\theta)_1\,d\theta+\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi}2(\mathrm{R}_r+i\mathrm{R}_\theta)\,\mathrm{H}\,d\theta-\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi}\varphi_q\,\mathrm{K}\,d\theta+ia_0$$

analogue à la formule de M. Villat (9).

En appliquant la formule (2) de M. Dini à la fonction (6)

$$-\frac{z}{2}i\Phi'(z)+\frac{\mathrm{F}(z)}{\mathrm{R}^2},$$

nous obtiendrons une formule analogue à celle de M. Dini

$$(\mathrm{R}_r-\theta_\theta)_{r=\mathrm{R}}=b_0-\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\frac{\partial[\mathrm{R}_\theta]_{r=\mathrm{R}}}{\partial\theta_1}\log\frac{1}{4\sin^2\dfrac{\theta_1-\theta}{2}}\,d\theta_1$$

où $[2\mathrm{R}_0]_{r=\mathrm{R}}$ est donnée comme fonction de l'angle θ_1 sur le contour du cercle R.

ELASTICITÉ. — *Sur le calcul des hourdis nervurés en béton armé.* Note de M. **Tournayre**, présentée par M. Mesnager.

Pour calculer un hourdis nervuré, on admet que chaque nervure forme avec une bande de hourdis de largeur b une poutre en T dont la section peut être considérée comme indéformable.

Pratiquement la largeur b est déterminée en appliquant les prescriptions de l'Instruction de 1906, d'après lesquelles b ne doit jamais dépasser le tiers de la portée l des nervures ni les trois quarts de leur écartement L.

La nécessité de limiter ainsi la largeur b résulte, on le sait, de la répartition non uniforme des efforts de compression dans les sections du hourdis. Ces efforts sont maxima au droit des nervures et sont transmis de proche en proche aux parties de hourdis situées vers le milieu de leurs intervalles par l'action des efforts de cisaillement qui s'exercent sur les éléments

parallèles aux nervures. Le hourdis se déforme donc dans son propre plan, et la fatigue du béton présente des maxima R_b sur l'axe des nervures et des minima R'_b au milieu de leurs intervalles. Comme la fatigue maxima seule importe au point de vue pratique, la largeur efficace b du hourdis doit être telle que la formule habituelle de la flexion, appliquée à la poutre en T ci-dessus définie, donne la fatigue maxima réelle R_b.

Pour calculer b, il faut donc connaître la répartition des tensions élastiques dans le hourdis, recherche qui poserait un problème d'élasticité à trois dimensions. Mais, l'épaisseur ε du hourdis étant relativement petite par rapport aux dimensions L et l, on peut, pratiquement, ramener la question à un problème d'élasticité plane en ne considérant que les valeurs moyennes des tensions dans l'épaisseur du hourdis.

Nous sommes parvenu ainsi à traiter le cas d'un hourdis nervuré de longueur indéfinie, dont les nervures sont semblablement et symétriquement chargées.

Rapportons le hourdis, assimilé à une tranche élastique très mince, à trois axes rectangulaires : Ox et Oy étant situés dans le feuillet moyen, l'origine placée au centre du rectangle *abcd* projection d'une nervure sur le feuillet moyen, Ox dirigé suivant l'axe longitudinal du hourdis et Oy suivant l'axe de la nervure.

Soient M et T le moment fléchissant et l'effort tranchant dans une nervure; z le bras de levier, supposé constant, du couple de flexion; b' la largeur des nervures. L'effort total de compression développé dans le hourdis par la flexion d'une nervure est $F = \frac{M}{z}$. L'effort transmis au hourdis par unité de longueur de la nervure a donc pour valeur $\frac{dF}{dy} = \frac{T}{z}$. Nous supposerons, à titre d'approximation, que cet effort est réparti dans l'épaisseur du hourdis; chaque élément de volume de celui-ci est alors soumis à une force extérieure ayant pour composantes :

A l'intérieur des rectangles *abcd*,

$$X = 0, \qquad Y = \frac{T}{zb'\varepsilon} = -\varphi(y);$$

En dehors des rectangles *abcd*,

$$X = 0, \qquad Y = 0.$$

La fonction $\varphi(y)$ étant impaire, son développement en série de Fourier est de la forme

$$\varphi(y) = \sum_{1}^{\infty} k_n \sin\frac{2ny}{l},$$

et l'on peut exprimer les tensions élastiques N_1, N_2, T_3 par des séries doubles satisfaisant aux équations d'élasticité plane et aux conditions particulières du problème. On trouve pour la compression maxima R_b du béton, sur l'axe des nervures (c'est-à-dire N_2 pour $x=y=0$),

$$R_b = R_b \text{ moy.} \left\{ 1 + \frac{l}{\pi^2} \sum_m \sum_n k_n n \frac{\sin m\pi\beta'}{m} \frac{\zeta m^2\lambda^2 + n^2}{(m^2\lambda^2+n^2)^2} [1 + (-1)^{n-1} \chi(u)] \right\}$$

avec

$$\beta' = \frac{b'}{L}, \qquad \lambda = \frac{l}{L}, \qquad u = m\pi\lambda, \qquad \zeta = \frac{2}{1-\eta} \quad (\eta \text{ coefficient de Poisson})$$

et

$$\chi(u) = \frac{\operatorname{sh} u + u \operatorname{ch} u}{\operatorname{sh} u \operatorname{ch} u + u},$$

R_b moy. est la compression moyenne, égale à $\frac{M}{zL\varepsilon}$.

On en déduit $\frac{b}{L} = \frac{R_b \text{ moy.}}{R_b}$.

Dans le cas particulier d'une charge concentrée au milieu de la portée des nervures, la sommation par rapport à l'indice n (qui est alors impair) peut être effectuée, et l'on trouve :

$$R_b = R_b \text{ moy.} \left\{ 1 + \frac{1}{\pi^2\lambda\beta'} \sum_m \frac{\sin m\pi\beta'}{m^2} [1+\chi(u)] \left[(\zeta+1) \operatorname{th}\frac{u}{2} - (\zeta-1)\frac{u}{2\operatorname{ch}^2\frac{u}{2}} \right] \right\}.$$

Si les nervures supportent une charge uniforme p, on a $\varphi(y) = \frac{py}{zb'\varepsilon}$ et les tensions s'expriment par des séries simples. Les compressions maxima R_b et minima R'_b ont pour expressions :

$$R_b = R_b \text{ moy.} \left\{ 1 + \frac{1}{\lambda^2} \left[\frac{\zeta}{3}(1-\beta')(2-\beta') + \frac{4}{\pi^2\beta'} \sum \frac{\sin m\pi\beta'}{m^3} \psi(u) \right] \right\},$$

$$R'_b = R_b \text{ moy.} \left\{ 1 - \frac{1}{\lambda^2} \left[\frac{\zeta}{3}(1-\beta'^2) + \frac{4}{\pi^3\beta'} \sum (-1)^{m-1} \frac{\sin m\pi\beta'}{m^3} \psi(u) \right] \right\}$$

avec

$$\psi(u) = \frac{(u^2-\zeta)\operatorname{sh} u - \zeta u \operatorname{ch} u}{\operatorname{sh} u \operatorname{ch} u + u}.$$

NAVIGATION. — *Sur la détermination du point par la radiogoniométrie.* Note [1] de M. **Ch. Bertin.**

1. Soit un navigateur, de coordonnées estimées φ_e et G_e; supposons qu'il soit relevé à l'azimut C par un poste radiogoniométrique de coordonnées connues φ, G.

En partant de φ et C, la latitude λ du vertex du grand cercle de relèvement, sa différence de longitude ΔG avec le poste et sa distance δ à ce poste seront données par les équations

$$\cos\lambda = \cos\varphi \sin C,$$
$$\cot\Delta G = \sin\varphi \,\mathrm{tang}\, C,$$
$$\mathrm{tang}\,\delta = \cot\varphi \cos C.$$

Soit A l'intersection du relèvement avec le parallèle de latitude estimée φ_e; sa distance δ' et sa différence $\Delta G'$ de longitude relativement au vertex se déduiront de λ et φ_e par le groupe

$$\cos\Delta G' = \mathrm{tang}\,\varphi_e \cot\lambda,$$
$$\cos\delta' = \sin\varphi_e \,\mathrm{cos\acute{e}c}\,\lambda,$$
$$\sin z' = \mathrm{s\acute{e}c}\,\varphi_e \cos\lambda.$$

De même nous aurons la latitude φ' et la distance δ'' du point d'intersection B avec le méridien estimé, ayant la différence de longitude $\Delta G_e = \Delta G + \gamma$ relativement au vertex, par le groupe

$$\mathrm{tang}\,\varphi' = \cos\Delta G_e \,\mathrm{tang}\,\lambda,$$
$$\mathrm{tang}\,\delta'' = \mathrm{tang}\,\Delta G_e \cos\lambda,$$
$$\cos z'' = \sin\Delta G_e \sin\lambda.$$

La « droite gonio » passe par les deux points déterminatifs

$$A\,(\varphi_e \text{ et } G' = G + \Delta G - \Delta G') \qquad \text{et} \qquad B\,(\varphi' \text{ et } G_e).$$

Elle est à l'inclinaison moyenne de z' et z'', dont la connaissance n'est d'ailleurs pas nécessaire. La distance du poste est $\delta' - \delta$ ou $\delta'' - \delta$.

Les Tables Bertin résolvent les neuf équations précédentes en supprimant toute recherche logarithmique, on aura plus ou moins de précision suivant la table employée.

2. Le navigateur peut également, s'il possède un cadre à bord, relever

[1] Séance du 24 août 1931.

l'azimut Z d'un poste émetteur : il en résulte pour lui l'obligation préalable de calculer l'azimut corrigé $C = Z \pm 180° \pm \gamma \sin \varphi_m$, γ représentant la différence de longitude et φ_m la latitude moyenne.

La correction $\gamma \sin \varphi_m$ est fournie par les Tables Bertin et se porte sur l'opposé de Z ($Z \pm 180°$) vers le pôle élevé de φ_m.

Le tracé de la « droite gonio » s'obtient comme précédemment; mais cette droite est alors, et très légèrement, affectée par l'erreur initiale de G_e, celle de φ_e ayant moins d'importance.

3. L'avantage de la détermination de cette droite est de n'exiger ni calcul compliqué ni carte très étendue : il est inutile que le poste relevé figure sur la carte. Elle paraît devoir être d'un usage pratique en navigation aérienne.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Propagation des courants de haute fréquence polyphasés le long des lignes de transport d'énergie et protection sélective des réseaux électriques*. Note de M. **J. Fallou**, transmise par M. Paul Janet.

L'application des équations de Kirchhoff à l'étude de la propagation des ondes le long d'une ligne de transport d'énergie triphasée, et la décomposition en chaque point de la ligne des courants et des tensions en leurs composantes symétriques suivant la méthode de Fortescue, montrent que dans le cas le plus général des lignes dissymétriques chacune des composantes se manifeste comme la superposition de six ondes se propageant à des vitesses différentes.

En pratique toutefois, et même en considérant le cas le plus défavorable présenté par les lignes à très haute tension à conducteurs disposés en nappe horizontale et dont l'écartement représente une fraction importante de leur hauteur au-dessus du sol, le calcul montre qu'un certain nombre de paramètres peuvent être négligés comme des quantités de second ordre. Dans ces conditions on est conduit à considérer chacune des composantes directe, inverse et homopolaire des tensions et des courants comme étant constituée chacune par deux paires d'ondes : les deux premières se propagent avec une même vitesse que l'on peut appeler « vitesse de propagation homopolaire », l'une dans le sens positif, l'autre dans le sens négatif; les deux autres se propagent avec une vitesse que l'on peut appeler « vitesse de propagation triphasée », l'une dans le sens positif et l'autre dans le sens négatif.

Enfin, lorsque la dissymétrie propre de la ligne n'est pas particuliè-

rement accusée; ou lorsqu'il existe des transpositions régulières de conducteurs séparées par des distances petites vis-à-vis de la longueur d'onde, le régime stationnaire dans chaque conducteur résulte de la superposition : 1° d'une composante homopolaire comprenant seulement une onde incidente et une onde réfléchie se propageant avec la vitesse de propagation « homopolaire »; 2° d'une composante directe comprenant une onde incidente et une onde réfléchie circulant avec la vitesse de propagation « triphasée »; 3° d'une composante inverse comprenant elle-même une onde incidente et une onde réfléchie et se propageant elle aussi avec la vitesse « triphasée ». Enfin, il existe un rapport constant entre les ondes de tension et de courant d'une part pour le système homopolaire (impédance caractéristique « homopolaire », et d'autre part, pour les systèmes direct et inverse (impédance caractéristique « triphasée »). Chacun des systèmes composants est alors régi par l'équation classique de propagation, les paramètres ayant seulement des valeurs différentes d'une part pour les systèmes direct et inverse, et d'autre part pour le système homopolaire.

Ces derniers résultats ont été mis en évidence pour la première fois croyons-nous par S. Bekku [1], en supposant *a priori* la ligne équilibrée et le sol parfaitement conducteur. L'étude complète du problème, en faisant abstraction de ces deux hypothèses et en utilisant la théorie du retour par le sol établie par J. R. Carson [2], nous a permis de vérifier que cette approximation est légitime dans la plupart des cas de la pratique.

Ceci posé, il devient possible d'aborder par des calculs simples le mode de propagation d'un système d'ondes triphasées de haute fréquence le long des lignes de transport d'énergie affectées d'un court circuit entre deux phases ou d'un défaut d'isolement d'une ou de deux phases. Cette étude montre que tout se passe comme si le point où se produit le déséquilibre accidentel était une source de tension inverse et homopolaire; les ondes de courant se propagent depuis cette source fictive vers les impédances équilibrées constituées par le générateur et par le récepteur branchés, l'un à l'origine et l'autre à l'extrémité de la ligne. Si l'on donne à la fois à ce générateur et à ce récepteur des caractéristiques telles que leurs impédances inverse et homopolaire soient respectivement égales aux impédances inverse et homopolaire de la ligne (système sans onde de retour) on aboutit aux résultats remarquables suivants :

(1) S. Bekku, *Comptes rendus de la Conférence Internationale des Grands Réseaux*, 2, 1925, p. 281.

(2) J. R. Carson, *The Bell System, Technical Journal*, 5, 1926, p. 539.

1° Les modules des composantes homopolaires des courants parcourant le générateur et le récepteur sont des fonctions exponentielles simples de la distance qui sépare le défaut du générateur.

2° Le module de la composante inverse des courants qui parcourent le générateur est fonction exponentielle simple de la distance qui sépare le défaut du générateur.

3° Le module de la composante inverse des courants qui parcourent le récepteur est indépendant de la position du défaut le long de la ligne.

4° Les modules des composantes inverses des courants dans le générateur et dans le récepteur ne dépendent que du facteur d'affaiblissement *triphasé* et non pas du facteur d'affaiblissement *homopolaire* de la ligne ; ils sont donc indépendants de la résistance du sol.

Ces propriétés peuvent trouver une application pratique immédiate aux systèmes de protection sélective des lignes de transport d'énergie, qui consistent à contrôler l'isolement de celle-ci par des courants de haute fréquence superposés au courant industriel de la ligne. On utilisera pour chaque ligne à protéger un seul générateur de haute fréquence polyphasée, et un récepteur constitué par des impédances mortes, et l'on donnera à ces appareils des dimensions telles que leurs impédances résultantes par phase soient égales aux impédances inverse et homopolaire de la ligne ; un relais sensible au déséquilibre des courants de haute fréquence, branché à chaque extrémité, permettra alors de déceler tous les défauts d'isolement entre deux phases ou entre une ou deux phases et la terre, quelle que soit la position du défaut.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de la chaleur sur les phosphates diacides alcalins*. Note (1) de MM. **L. Hackspill** et **R. Lauffenburger**, présentée par M. C. Matignon.

Graham (2) a signalé, il y aura bientôt un siècle, que la chaleur transforme les orthophosphates diacides en pyro puis en métaphosphates. Knorr (3) d'une part, Fleitmann et Henneberg (4) d'autre part ont confirmé dans leur ensemble les résultats obtenus mais sans être entièrement d'accord, en

(1) Séance du 24 août 1931.
(2) Graham, *Pogg. Ann.*, 32, 1834, p. 56.
(3) Knorr, *Z. anorg. Chem.*, 24, 1900, p. 388.
(4) Fleitmann et Henneberg, *Liebigs Ann.*, 64, 1890, p. 328.

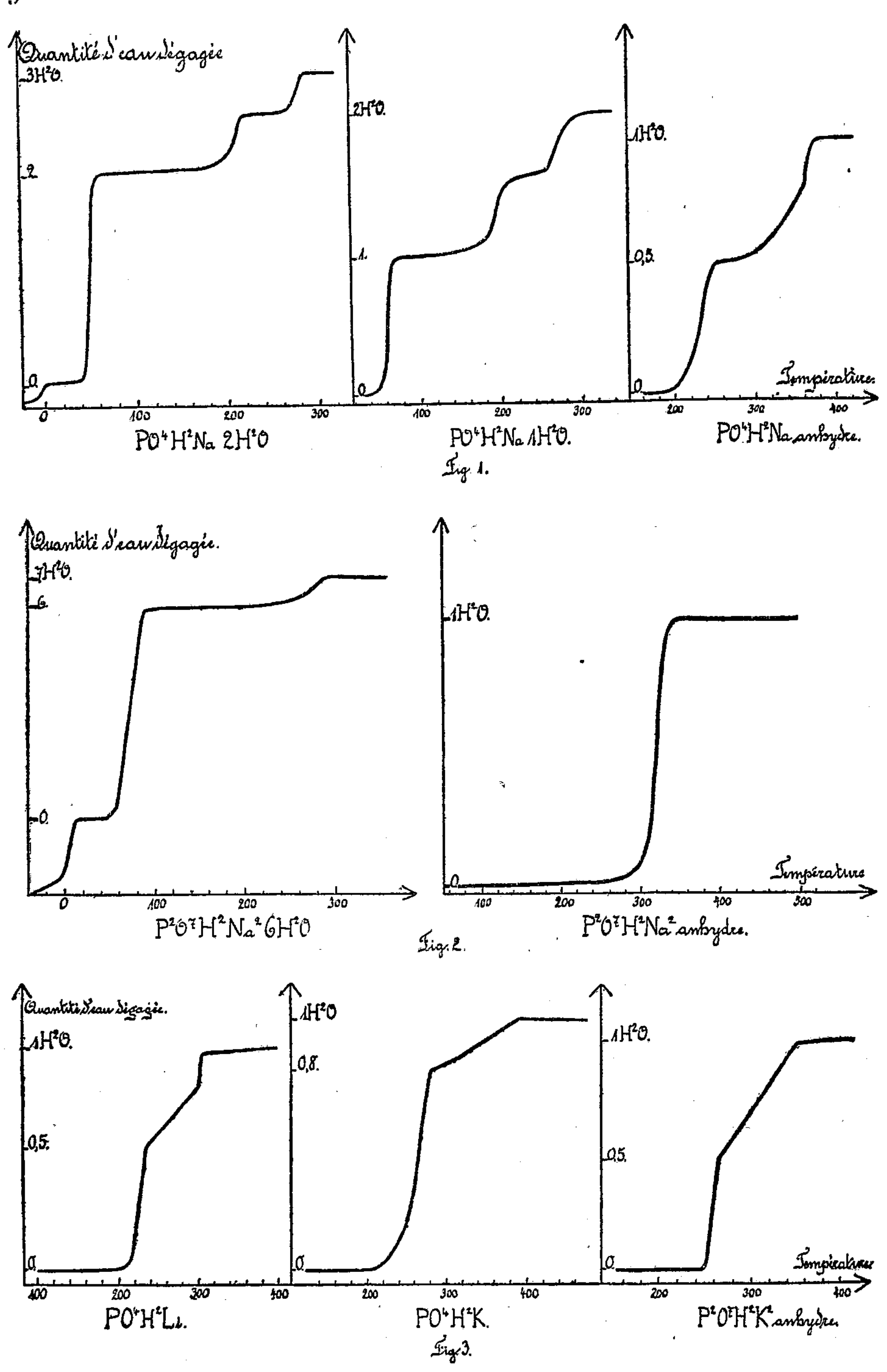


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

particulier sur le mécanisme de la réaction. Nous avons repris cette question en ce qui concerne les sels alcalins que nous avons chauffés progressivement dans le vide en enregistrant photographiquement à l'aide d'un galvanomètre double Saladin-Le Chatelier, la pression de la vapeur d'eau dégagée en fonction de la température [1]. On faisait en sorte que cette pression fût toujours assez faible pour permettre de considérer l'expérience comme entièrement réalisée dans le vide. L'élévation de la température, obtenue automatiquement, était réglable entre 50 et 200° à l'heure. Dans le cas d'hydrates facilement décomposables la température initiale était de —80°, le reste du temps il a suffi de partir de la température du laboratoire. Les courbes obtenues sont reproduites sur les figures 1, 2 et 3. On peut les interpréter de la manière suivante :

Orthophosphate diacide de sodium (*fig.* 1). — L'hydrate à deux molécules d'eau perd un peu d'humidité (non combinée) à 0°, puis brusquement, toute son eau de cristallisation à 40°. Le monohydrate ne perd sa molécule d'eau qu'à +80°. Le phosphate anhydre obtenu dans les deux cas se décompose entre 190 et 210° en pyrophosphate diacide, puis entre 280 et 300° en métaphosphate. Lorsque le sel anhydre a été préparé à l'air il ne se décompose dans le vide qu'à une température un peu plus élevée, ce que nous n'expliquons pas pour le moment.

Pyrophosphate diacide de sodium (*fig.* 2). — Le sel à 6 molécules d'eau perd à 0° un peu d'eau non combinée, puis brusquement à 60° toute son eau de cristallisation. La transformation en métaphosphate se produit à 280°. Le sel anhydre, précipité par l'alcool, donne également du métaphosphate, mais seulement entre 300 et 305°.

Orthophosphate diacide de lithium (*fig.* 3). — La courbe présente une grande analogie avec celle du sodium.

Orthophosphate diacide et pyrophosphate diacide de potassium (*fig.* 3). — La courbe de l'ortho n'indique pas la formation intermédiaire de pyrophosphate, ce qui s'explique par le fait que la décomposition de ce dernier commence à 250°, soit sensiblement à la même température que celle de l'ortho. Le pyrophosphate perd rapidement la moitié de son eau, le reste n'est éliminé que plus lentement. Ce changement brusque de la vitesse de décomposition peut être interprété par la formation intermédiaire d'un tétraphosphate diacide $P^4O^{13}K^4H^2$. Phénomène également enregistré sur la courbe

(1) Hackspill et Stempfel, *C. R. du VIIIe Congrès de Chimie Industrielle*, 1928, p. 147.

de l'orthophosphate, mais avec un certain retard et signalé déjà par Fleitmann et Henneberg (¹).

Phosphates de rubidium. — Les sels correspondants du rubidium ont fourni des résultats identiques à quelques degrés près.

En résumé, l'eau de cristallisation des sels étudiés est éliminée en totalité dans le vide à une température bien déterminée. La déshydratation des ortho en métaphosphates se fait en passant plus ou moins rapidement par les pyrophosphates, et dans certains cas par les tétraphosphates.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les homophtalimides substituées à l'azote par des radicaux aromatiques.* Note de MM. **André Meyer** et **Robert Vittenet**, présentée par M. A. Desgrez.

Nous avons étudié la préparation et les propriétés de quelques homophtalimides *substituées à l'azote par un noyau aromatique*. Ces composés s'obtiennent facilement par élimination d'eau entre molécules égales d'*acide homophtalique* et d'une *amine aromatique*, suivant la réaction :

$$C_6H_4\begin{cases}-CH^2-COOH\\-COOH\end{cases} + H^2N-Ar \rightarrow C_6H_4\begin{cases}CH^2-CO\\CO-N-Ar\end{cases} + 2H^2O.$$

On chauffe une molécule d'acide homophtalique avec un léger excès d'amine aromatique, jusqu'à cessation du dégagement de vapeur d'eau. A cause de la mousse abondante qui se produit, la réaction est effectuée, au début, sous la pression atmosphérique, mais il est nécessaire de l'achever sous pression réduite pour diminuer la durée de l'opération et éviter autant que possible la formation de produits secondaires sous l'influence de la chaleur. La masse fondue est reprise par l'acide acétique bouillant; par refroidissement, on obtient des cristaux d'imide substituée, qu'on purifie par recristallisations dans l'acide acétique, puis dans l'alcool.

Nous avons ainsi préparé la N-*phénylhomophtalimide*, la N-*paratolylhomophtalimide*, les N-α- et N-β-*naphtylhomophtalimides*, que nous avons caractérisées par leurs produits de condensation avec les aldéhydes benzoïque et diméthylaminobenzoïque para.

N-*phénylhomophtalimide* $C^{15}H^{11}O^2N$. — Ce composé, déjà décrit par Dieckmann (*D. ch. Ges.*, 47, 1914, p. 1428), se prépare avec un rendement

(¹) *Loc. cit.*

de 85 pour 100. On obtient, après une seule recristallisation dans l'acide acétique, des cristaux blancs, P. F. 191° (188°, d'après Dieckmann), peu solubles dans le benzène et l'éther, très solubles à froid dans le chloroforme et l'acétone, facilement solubles à chaud dans l'alcool et surtout l'acide acétique, solubles à froid dans les alcalis caustiques avec coloration *jaune* et une intense *fluorescence verte*.

N-*paratolylhomophtalimide* $C^{16}H^{13}O^{2}N$. — Obtenue avec un rendement de 77 pour 100 de la théorie, elle constitue, après recristallisation dans l'acide acétique, des cristaux blancs, P. F. 173°, peu solubles à froid dans le benzène et l'éther, facilement solubles dans l'acétone et le chloroforme; les solubilités dans l'alcool et l'acide acétique sont moindres que celles du dérivé précédent; très difficilement solubles dans les alcalis caustiques avec une *très forte fluorescence verte*.

N-α-*naphtylhomophtalimide*, $C^{19}H^{13}O^{2}N$. — Rendement : 75 pour 100 de la théorie. Cristaux blancs, P. F. 212°, peu solubles dans l'éther et le benzène; solubilités analogues, mais plus faibles, que les corps précédents. *Très faible* solubilité à froid dans les alcalis, avec légère *fluorescence verte*. A chaud, la fluorescence disparaît, par suite de la rupture du noyau hétérocyclique. Il en est ainsi d'ailleurs, à des degrés divers, pour tous les dérivés N-substitués et pour l'homophtalimide elle-même; cette dernière est toutefois d'une stabilité supérieure.

N-β-*naphtylhomophtalimide*, $C^{19}H^{13}O^{2}N$. — Cet isomère se prépare également avec 75 pour 100 de rendement, et constitue des cristaux blancs, P. F. 220°, beaucoup moins solubles que le précédent dans les solvants usuels; le meilleur dissolvant est l'acide acétique. Presque insoluble dans les alcalis; on n'observe aucune fluorescence.

Le groupe CH^{2} de ces homophtalimides substituées a conservé ses propriétés réactionnelles. Nous décrirons ci-après les *dérivés benzylidéniques* et *p-diméthylaminobenzylidéniques*, obtenus par condensation avec les aldéhydes correspondantes, en milieu alcoolique, à l'ébullition, en présence de *pipéridine* ou de *diéthylamine :* en l'absence de catalyseur la condensation est excessivement lente et toujours incomplète. Ces dérivés possèdent respectivement les formules

C=CH
CO
N — Ar
CO

et

C=CH — N$(CH^{3})^{2}$
CO
N — Ar
CO

et sont colorés, comme les dérivés correspondants de l'homophtalimide.

Benzylidène-N-*phénylhomophtalimide*, $C^{22}H^{15}O^2N$. — Cristallise de l'alcool en longues aiguilles jaunes très claires, P.F. 193-194°, très solubles à froid dans le chloroforme, solubles à chaud dans l'acétone et l'acide acétique, insolubles dans le benzène et la ligroïne, solubles en rouge dans SO^4H^2 concentré.

Benzylidène-N-*p-tolylhomophtalimide*, $C^{23}H^{17}O^2N$. — Longues aiguilles jaune verdâtre, P.F. 185-186°, solubilités analogues au composé précédent, solubles en rouge orangé dans SO^4H^2 concentré.

Benzylidène-N-α-*naphtylhomophtalimide*, $C^{26}H^{17}O^2N$. — Cristallise de l'acide acétique en une poudre microcristalline jaune franc, P.F. 225°, très soluble dans le chloroforme, très peu soluble dans l'alcool et l'acétone, facilement soluble à chaud dans l'acide acétique; solution sulfurique rouge orangé.

Benzylidène-N-β-*naphtylhomophtalimide*, $C^{26}H^{17}O^2N$. — Poudre microcristalline jaune, de propriétés analogues à celles de son isomère; P.F. 204°.

P-*diméthylaminobenzal*-N-*phénylhomophtalimide*, $C^{24}H^{20}O^2N^2$; fines aiguilles rouge écarlate, P.F. 224-225°, solubles en jaune verdâtre dans SO^4H^2 concentré.

P-*diméthylaminobenzal*-N-*p-tolylhomophtalimide*, $C^{25}H^{22}O^2N^2$. — Fines lamelles rouge écarlate, P.F. 245-246°, solubles en jaune orangé dans SO^4H^2.

P-*diméthylaminobenzal*-N-α-*naphtylimide*, $C^{28}H^{22}O^2N^2$. — Fines lamelles rouge écarlate, P.F. 141°, solubles en jaune orangé dans SO^4H^2.

P-*diméthylaminobenzal*-N-β-*naphtylhomophtalimide*, $C^{28}H^{22}O^2N^2$. — Fins cristaux rouge écarlate, P.F. 159-160°, solubles en jaune verdâtre dans SO^4H^2 concentré.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur l'existence d'un* déterminant germinal *dans l'œuf indivis de la Grenouille rousse*. Note (¹) de M. **Louis Bounoure**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

De patientes recherches m'ont permis, au cours de ces dernières années, de tracer l'histoire complète de la lignée germinale dans le développement embryonnaire de la Grenouille où aucune donnée ne permettait jusque-là

(¹) Séance du 24 août 1931.

de préjuger son existence même. En montrant récemment [1] comment s'effectue chez cet animal la ségrégation du germen pendant la segmentation, j'ai fait entrer pour la première fois les Vertébrés parmi les animaux, encore peu nombreux au total, chez lesquels on a pu réellement saisir l'évolution précocement divergente du soma et du germen et reconnaître en fait le bien-fondé de l'hypothèse weismannienne sur la dualité de l'organisme.

Chez la Grenouille, au cours de la vie embryonnaire, la lignée germinale est caractérisée par la présence d'une substance cytoplasmique argentophile, distincte du chondriome, dont l'évolution topographique, tant dans l'embryon considéré en son entier que dans les éléments germinaux, suit une marche parfaitement définie depuis le début de la segmentation jusqu'à la blastula d'âge avancé. Cette substance préexiste-t-elle dans l'œuf? Comment s'y présente-t-elle? Quelle est sa signification ?

Lorsqu'on étudie l'œuf indivis de la Grenouille rousse, on retrouve, au pôle inférieur, le cytoplasme spécial destiné à la lignée germinale; mais c'est au prix de grandes difficultés, à cause de la friabilité bien connue de l'hémisphère inférieur de l'œuf, surtout après surchromisation. Ce cytoplasme spécial se présente sous forme de très petits îlots, alignés dans la région polaire presque immédiatement contre la membrane de l'œuf et dont la substance homogène se colore par le vert lumière ou le bleu de Volkonsky. Ces îlots mesurent environ 10^{μ} de diamètre; ils sont ordinairement un peu allongés dans le sens tangentiel et tendent parfois à confluer dans le même sens en petites plages minces irrégulières. Ils sont toujours entourés de mitochondries nombreuses et serrées, et l'on peut voir parfois, autour de l'une des petites taches cytoplasmiques arrondies, une couronne de mitochondries disposées d'une façon rayonnante très régulière. L'ensemble des petits îlots de cytoplasme germinal et du chondriome qui les accompagne constitue une mince calotte polaire, d'aspect général granuleux. Dans les œufs fécondés depuis plusieurs heures, on rencontre souvent au centre de cette calotte, c'est-à-dire exactement au pôle même de l'œuf, quelques taches plus grandes, plus épaisses, de cytoplasme germinal, comme s'il y avait déjà une concentration de ce cytoplasme au point même par lequel va passer, de façon imminente, le premier plan de segmentation.

Ainsi, pour contenir en lui-même, réunies en une seule cellule, les deux parties constituantes, soma et germen, de l'organisme futur, l'œuf n'en laisse pas moins distinguer déjà dans son cytoplasme une portion d'une

---

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 106, 1931, p. 800.

nature particulière, véritable substance germino-formative, destinée à se localiser exclusivement, comme je l'ai montré déjà, dans les premiers gonocytes et à devenir un élément morphologique essentiel de leur constitution.

Or, chez quelques Invertébrés, on a déjà reconnu dans l'œuf l'existence de substances particulières, liées à l'évolution embryonnaire du germen. Tels sont les granules spéciaux décrits par Haecker (1897) et par Amma (1911) chez les *Cyclops*. Mais c'est surtout chez les Insectes que ces substances se présentent avec des caractères très analogues à ceux que je viens de décrire pour l'œuf de Grenouille; ce sont : chez *Miastor*, le *polares Plasma* de Kahle (1908), chez les Chrysomélides le *pole disc* de Hegner (1909), chez *Chironomus* le *Keimbahnplasma* de Hasper (1911). En outre Hegner (1909, 1911) a montré par de belles expériences que le cytoplasme spécial du *disque polaire* jouait vis-à-vis de la lignée germinale le rôle d'un *déterminant* indispensable, sa destruction entraînant l'absence des gonocytes primaires : il a ainsi fondé la notion de *déterminant germinal*, applicable à tous les cas où un plasma spécial, différencié dans l'œuf, passe exclusivement dans les éléments du germen, en devient partie intégrante et caractéristique.

C'est un tel cas qui se présente chez la Grenouille, le seul encore qui soit connu chez les Vertébrés. Mais sa découverte, en rapprochant des groupes d'êtres aussi différents que les Insectes et les Vertébrés, permet de penser que l'existence dans l'œuf d'un plasma polaire, *déterminant* de la lignée germinale, a probablement la valeur et la portée d'une loi biologique générale.

THÉRAPEUTIQUE. — *Étude de 45 éléments du point de vue de leurs propriétés curatives dans les spirilloses, la syphilis et les trypanosomiases.* Note ([1]) de MM. C. **Levaditi** et **P. Lépine**, présentée par M. G. Urbain.

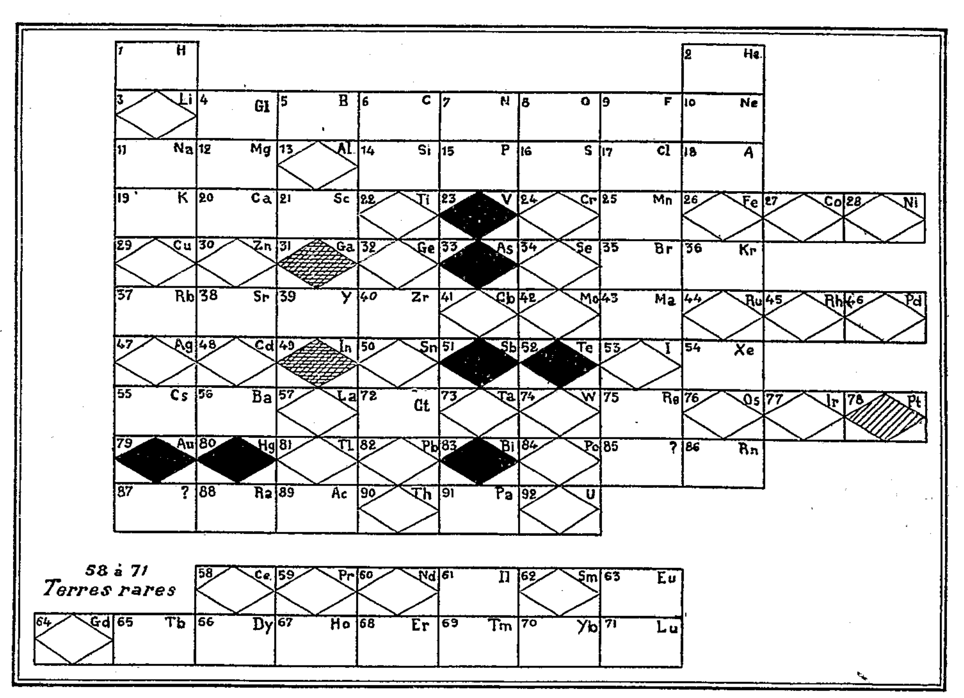
L'un de nous a exposé ([2]) les résultats d'une première étude concernant les propriétés curatives (spirilloses, syphilis et trypanosomiases) des divers éléments connus. Le nombre des éléments actifs était alors de 8 (V, As, Sb, Te, Pt, Au, Hg et Bi); celui des éléments inactifs était de 23. Nous avons

([1]) Séance du 27 juillet 1931.

([2]) Levaditi, *C. R. Soc. de Biologie*, 97, 1927, p. 167; Levaditi et Longinesco, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 91.

continué ces recherches sous la direction de M. G. Urbain et rapportons dans la présente Note nos résultats actuels.

1° Le nombre des éléments dont nous avons examiné les propriétés thérapeutiques dans les infections citées ci-dessus est actuellement de 45, dont quelques terres rares (Ce, Pr, Nd, Sm et Gd). Certains éléments n'ont pas



Les éléments étudiés sont marqués par un losange; les actifs par un losange noir, les moyennement actifs par un losange hachuré, les faiblement actifs par un losange rayé.

été étudiés, en raison de leur état gazeux, ou parce qu'ils entrent, en quantité appréciable, dans la constitution de l'organisme.

2° Aux huit éléments actifs connus en 1927, sont venus s'ajouter deux métaux rares, le gallium et l'indium dont les propriétés antispirillaires et antitrypanosomiques ont été récemment mises en lumière par Levaditi, Bardet, Tchakirian et Vaisman (¹). Nous avons, sur la figure, situé tous les éléments étudiés dans le système périodique de Mendeleeff, modifié par Hubberd.

Il résulte de l'ensemble de nos constatations que le nombre des éléments

(¹) Levaditi, Bardet, Tchakirian et Vaisman, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1142.

actifs est restreint (10), par rapport au nombre des éléments inactifs (35). En général, lorsqu'un dérivé (inorganique ou organique, soluble ou insoluble) d'un élément donné est doué de propriétés thérapeutiques, le métal lui-même utilisé à l'état de division fine l'est également. Font exception l'or et le gallium [1].

Les conclusions formulées en 1927 par Levaditi et Longinesco restent valables pour la plupart des éléments actifs. Elles ont trait au rapport entre les éléments curatifs, leur classification électrochimique et leurs propriétés analytiques, à savoir : tous les métaux actifs sont ou très peu électronégatifs ou très peu électropositifs ; ils ont une tension de polarisation inférieure à celle de l'hydrogène, ils ne décomposent pas l'eau à la température ordinaire ; du point de vue analytique, ils précipitent tous avec H^2S à l'état de sulfures (9). Seul, le gallium fait exception, en ce sens qu'il ne précipite pas sous forme de sulfure avec H^2S.

Conclusions. — Parmi les 45 éléments étudiés sur les 90 connus, un petit nombre seulement (10) sont doués de propriétés thérapeutiques dans les spirilloses, la syphilis et les trypanosomiases (V, Ga, As, In, Sb, Te, Pt, Au, Hg, Bi). Les propriétés thérapeutiques de 6 d'entre ces 10 éléments ont été découvertes, dans notre laboratoire : Ga, In, Te, Pt, Au (à l'état de dérivé organique) et Bi.

La séance est levée à 15^h30^m.

A. Lx.

(1) L'indium n'a pas encore été étudié de ce point de vue.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUILLET 1931.

La naissance de la Terre et de ses satellites. Leur évolution cosmique, par ÉMILE BELOT. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1931; 1 fasc. 25^{cm}. (Présenté par M. E. Esclangon.)

The Academia Sinica and its National Research Institutes. Nanking, Published by the Academia Sinica, 1931; 1 vol. 22^{cm}.

Description d'un Scyphocrinus elegans *Zenker, Crinoïde du Silurien supérieur des Pyrénées Orientales*, par GÉRARD WATERLOT (Extrait des *Annales de la Société géologique du Nord*, Pl. VI). Lille, Imprimerie centrale, 1931; 1 fasc. 22^{cm}.

Quelques applications analytiques de la théorie des courbes et des surfaces algébriques, par ÉMILE PICARD. Fasc. IX des *Cahiers scientifiques*. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1931; 1 vol. $25^{cm},5$.

Problèmes et compléments de mécanique à l'usage des candidats au certificat de mathématiques générales et des élèves de mathématiques spéciales, par EUGÈNE BLANC. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1931; 1 vol. $25^{cm},5$.

Anomalies du champ magnétique terrestre en France, par E. MATHIAS, CH. MAURAIN, L. EBLÉ et Mlle HOMÉRY. Troisième Mémoire, *Sur le nouveau réseau magnétique de la France au 1er janvier* 1924 (Extrait des *Annales de l'Institut du Globe de l'Université de Paris*, t. IX, 1931). Paris, Les Presses Universitaires de France; 1 fasc. 31^{cm}; 4 planches $65^{cm} \times 79^{cm},5$.

Une mission en Amérique. Ce que l'on fait en Amérique pour lutter contre le fléau de la surdité, appareillages, méthodes et traitements. Les écoles et les œuvres sociales des sourds et de durs d'oreille. Visites médicales et protocolaires, par ROBERT MORCHE. Sanary, Édition de la *Revue des Mutilés de l'oreille*, 1931; 1 fasc. $21^{cm},5$.

Leçons de Chimie à l'usage des élèves de mathématiques spéciales et des étudiants des Facultés des sciences, par A. TRAVERS. *Chimie générale et Métalloïdes*. Préface de M. C. MATIGNON. Paris, Librairie Vuibert, 1931; 2 vol. 25^{cm}.

Études géologiques des Pyrénées catalanes, par MARIUS DALLONI. Alger, Jules Carbonel, 1930; 1 vol. 28^{cm}.

Les lois absolues de la lumière et sa loi de relativité. Révision du postulat d'Einstein, par E. CARVALLO (Extrait de la *Revue générale de l'électricité*). Paris, Société générale d'impressions et d'éditions, 1931; 1 fasc. 27^{cm}.

ERRATA.

(Séance du 20 avril 1931.)

Note de M. *M. Paić*, Sur les combinaisons doubles entre les sulfates mercuriques et l'iodure mercurique :

Page 952, tableau, *au lieu de* 1,99, *lire* 2,24; *au lieu de* 2,24, *lire* 0,99.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE DU LUNDI 7 SEPTEMBRE 1931.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ÉLECTRICITÉ. — *Solutions graphiques nouvelles du calcul des lignes électriques de transmission à haute tension.* Note (¹) de M. **André Blondel.**

Chaque ligne est caractérisée par son impédance caractéristique $\mathrm{m} = m \lfloor \gamma$ et sa constante de propagation (²) $\mathrm{n} = n \lfloor \delta$. Soit U_1, I_1, φ_1 le régime d'arrivée.

Le régime au poste de départ est représenté par les équations classiques qui expriment la superposition des régimes

$$U_d = U_1 \operatorname{ch} \mathrm{n}x + \mathrm{m} I_1 \operatorname{sh} \mathrm{n}x = \alpha U_1 \lfloor \varepsilon + \beta m I_1 \lfloor \underline{\eta + \gamma}, \tag{1}$$

$$I_d = \frac{U}{\mathrm{m}} \operatorname{ch} \mathrm{n}x + U_1 I_1 \operatorname{ch} \mathrm{n}x = \frac{\beta}{m} U_1 \lfloor \underline{\eta - \gamma} + \alpha I_1 \lfloor \varepsilon. \tag{2}$$

Les deux premiers termes correspondent à la marche à circuit ouvert ($I_1 = 0$) et les deux seconds termes au régime de court circuit ($U_1 = 0$); pour simplifier l'écriture on a introduit les modules et les arguments de $\operatorname{sh} \mathrm{n}x$ et $\operatorname{ch} \mathrm{n}x$. On se débarrasse des $\operatorname{ch} \mathrm{n}x$ en écrivant

$$\alpha U_1 = U_0 \quad \text{et} \quad \alpha I_1 = I_0.$$

(¹) Séance du 17 août 1931.

(²) Dans cette Note toutes les constantes et variables sont vectorielles et supposées exprimées en notations complexes.

D'où, en posant

$$\operatorname{th} n x = \frac{\beta}{\alpha}\,\underline{\vert \eta - \varepsilon} = \tau\,\underline{\vert \sigma}, \qquad J_0 = \frac{U_1}{m}\beta\,\underline{\vert \eta - \gamma},$$

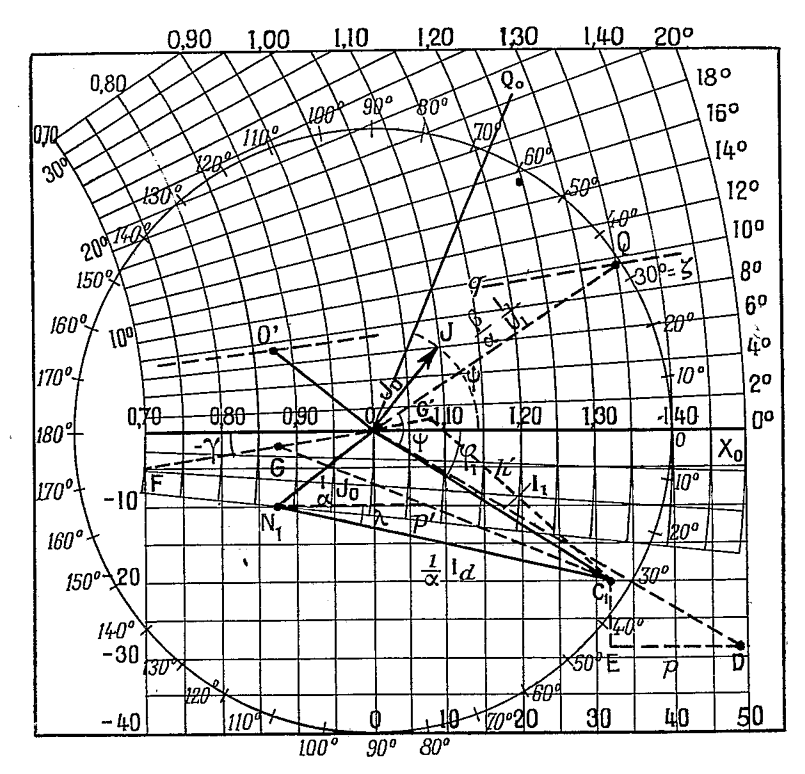
$$(3) \qquad U_d = U_0\,\underline{\vert \varepsilon}\left[1 + \frac{\beta}{\alpha} m \frac{I_1}{U_0}\,\underline{\vert \eta + \gamma - \varepsilon}\right] = U_0\,\underline{\vert \varepsilon}\left[1 + m\tau \frac{I_1}{U_0}\,\underline{\vert \sigma + \gamma}\right],$$

$$(4) \qquad I_d = \alpha\,\underline{\vert \varepsilon}\left[I_1 + \frac{1}{\alpha} J_0\,\underline{\vert \sigma - \gamma}\right] = a\,\underline{\vert \varepsilon}\left[I + \frac{\beta}{a}\frac{U_0}{m}\,\underline{\vert \eta - \varepsilon\gamma}\right]$$

et l'on pose

$$(5) \qquad \psi = \eta + \gamma - \varepsilon = \sigma + \gamma; \qquad \xi = \eta - \gamma - \varepsilon = \sigma - \gamma.$$

1° La figure représente à sa partie supérieure la solution par un abaque



Épure des tensions (partie supérieure) ou des puissances (partie inférieure).

universel. On a pris le point de concours des tensions U_d et U_0 (qui est toujours loin en dehors de l'épure) comme centre d'un réseau de cercles concentriques tracés une fois pour toutes avec des rayons 0,70; 0,80; 0,90; 1,0; 1,10; 1,20, etc. à une échelle arbitraire (en prenant comme unité

le rayon passant par l'origine O) et une série de droites rayonnant dudit centre et graduées en angles ζ (mesurés en avant) par rapport à l'axe OX_0 qui représente la phase de la tension à vide au départ U_0.

On utilise d'autre part, le long de OX_0 (et d'un axe perpendiculaire), une échelle quelconque pour la représentation des courants I_1 et J_0; et l'on gradue la même échelle en watts, en multipliant les nombres d'ampères par U_1 volts. Ainsi construit, l'abaque universel s'emploie comme il suit.

A partir de O situé sur le cercle numéroté 1, on trace le vecteur du courant $I = OC$, sous l'angle de phase au départ φ_1. On trace d'abord un vecteur $ON_1 = \frac{J_0}{\alpha} |\underline{\xi + \pi}$ (orientation rapportée à U_0). En joignant N_1C_1 on obtient un vecteur représentant $\frac{1}{\alpha} I_d$ au départ. Pour déterminer la phase φ_d de I_d par rapport à U_d, on place sur le vecteur N_1C_1 un côté d'une équerre mobile (découpée ou transparente) ayant en O un angle égal à ψ, et dont l'autre côté aura été gradué en valeurs de I_1 suivant une échelle telle que $OQ = \frac{m\beta}{\alpha} \frac{I_1}{U}$ (qui représente un nombre pur). Le point Q de cette échelle correspondant au courant OC tombe sur un cercle et un rayon de l'abaque. Le chiffre lu sur le cercle indique le coefficient k de surtension au départ d'après (3)

$$k = \frac{U_d}{U_0} = 1 + \tau m \frac{I_1}{U_0}. \tag{6}$$

Le nombre de degrés lu sur le rayon indique de même l'avance de phase ζ de U_d sur U_0. Soit λ l'angle de décalage de N_1C_1 par rapport à OX (lu à l'aide d'un rapporteur et d'une équerre), on en déduit : $\varphi_\lambda = \zeta + \lambda$, et

$$P_d = U_d I_d \cos\varphi_d = \alpha^2 k\, U_1\, \overline{N_1C} \cos\varphi_d \tag{7}$$

(expression de la puissance pour une phase).

On peut donc construire par points les courbes des régimes au départ U_d, I_d, φ_d, P_d en fonction d'une quelconque des variables du poste d'arrivée (¹),

(¹) Dans des abaques que j'ai établis antérieurement (*Éclair. élect.*, 49, 1906, n° 48, fig. 8) et qui ont été perfectionnés par plusieurs auteurs (MM. Thielemans, Darrieus, Levanchy, etc.) (au point de présenter quelqués complications), les surtensions étaient rapportées à la valeur de U_1 au lieu de U_0 et au vecteur U_1. Ici, pour obtenir une grande simplicité, on ne se préoccupe pas du décalage ε entre U_1 et U_0, et entre I_1 et I_0, car il leur est commun; et l'on peut toujours en tenir compte, *en temps utile*, dans les cas où l'on aurait à jonctionner deux lignes différentes à une certaine distance de l'usine, ou si l'on veut calculer les courants de retour par la terre.

à laquelle on donnera une série de valeurs successives; on fera varier par exemple I_1 ou P_1 en maintenant U_1 et φ_4 constants.

La même épure permet d'obtenir α et ε en traçant à partir de O un vecteur OO′ représentant

$$U_1(1-\mathrm{ch}\,nx)=\frac{2\,U_0}{\alpha}\,\mathrm{sh}^2\frac{nx}{2},$$

on obtient $\mathrm{ch}\frac{nx}{2}$ sur un abaque ou une table des ch. Le point extrémité O′ du vecteur indique sur le réseau des cercles la valeur α et sur le réseau de droites l'angle ε. Chacune des lignes hyperboliques utilisée peut être, à défaut de table, calculée par développement en série.

2° On peut établir comparativement une autre épure fondée sur la considération des variations de puissance et d'hormanance ([1]). On utilise simplement une feuille de papier quadrillé, à laquelle on ajoute sur les deux axes les échelles doubles en ampères et watts (pour U_1 volt) définies plus haut. On construit l'épure des courants comme plus haut, et l'on déduit la tension et le décalage de la puissance et de l'hormanance au départ. A cet effet on détermine les cercles *cercles d'égale perte de puissance p* dans la ligne, correspondant à la position du point C, en écrivant l'équation de p ([2])

$$p=\frac{\alpha\beta}{m}\,U_1^2\cos\xi+2\cos\gamma\,\beta^2\,U_1I_1\cos(\gamma-\varphi_1)+\alpha\beta\,m\,I_1^2\cos\psi. \tag{8}$$

En posant $x=I_1\cos\varphi_1$, $y=-I_1\sin\varphi_1$ pour les coordonnées du point C, en ampères, on obtient l'équation du cercle relatif à une perte p constante

$$m\cos\psi(x^2+y^2)+2\,U_1\frac{\beta}{\alpha}\cos\gamma(x\cos\gamma+y\sin\gamma)+\frac{1}{\beta}\,U_1^2\cos\xi=\frac{p}{\alpha\beta}. \tag{9}$$

La perte en watts p_0 au départ dans la marche à vide ($I_1=0$) est

$$p_0=\frac{\alpha\beta}{m}\,U_1^2\cos\xi=U_0J_0\cos\xi=\alpha^2\,U_1.\overline{\mathrm{ON}_1}\cos\xi. \tag{10}$$

Et si l'on appelle x_0 et y_0 les coordonnées du centre et R_0 le rayon du

---

([1]) Considération déduite du principe de la séparation des puissances de M. Paul Boucherot et des cercles de pertes de M. Darrieus. J'appelle hormanance la puissance réactive.

([2]) Expression déduite des formules données sans exiger l'emploi des imaginaires, par l'auteur en 1908 : *La Lumière électrique*, 2e série, 2, 1908, n° 21, formule (5); on remarquera ici que du terme $\alpha^2 U_1 I_1\cos\varphi_1$ est retranché $U_1 I_1\cos\varphi_1$ et que $\alpha^2-1=\beta^2$ et $\psi-\xi=2\gamma$.

cercle correspondant à $I = 0$, à l'échelle des ampères,

$$R_0 = x_0 - jy_0 = \frac{J_0}{\alpha}\frac{\cos\gamma}{\cos\psi}\,\underline{|\pi-\gamma}. \tag{11}$$

Pour $I_1 \neq 0$, et pour une perte constante $p \neq p_0$,

$$R_p^2 = (x - x_0)^2 + (y + y_0)^2 = R_0^2 + \frac{p - p_0}{\alpha\beta m\cos\psi},$$

valeur facile à construire au moyen d'un triangle rectangle, et qui permet de tracer un topogramme formé de cercles d'égale perte de puissance.

On peut tracer de même un topogramme de cercles d'égale perte d'hormanance h (¹).

Le centre G' des nouveaux cercles reste sur le même vecteur OF, mais à la distance $OG' = R'_0 = -\frac{J_0}{\alpha}\frac{\sin\gamma}{\sin\psi}$, pour une perte d'hormanance h_0 négative

$$h = -U_0 J_0 \sin\xi = -\alpha^2 U_1 \mathrm{ON}_1 \sin\xi. \tag{12}$$

Les autres cercles d'égales h ont des rayons R_h tels que

$$R_h^2 = R_0^2 + \frac{h - h_0}{\alpha\beta m \sin\psi}.$$

Les deux réseaux de cercles R_p et R_h indiquent pour tout point C_1 définissant le vecteur de courant utile $OC_1 = I_1$, la puissance p et l'hormanance h qu'il faut ajouter à celles d'arrivée P_1 et H_1 pour avoir les puissances et hormanances totales au départ P_d et H_d. Si donc on porte à partir de C_1 une horizontale égale à p watts, puis une verticale égale à h watts, le vecteur OD ainsi obtenu définit par sa longueur la puissance apparente au départ $U_d I_d$ et par ses projections la puissance et l'hormanance correspondantes

$$U_1 I_1 \cos\varphi_1 + p; \quad U_1 I_1 \sin\varphi_1 + h.$$

D'où, si l'on mesure OD et N_1C_1 *à la même échelle*, $U_d = \frac{\mathrm{OD}}{N_1C}\,U_1$.

On peut remplacer les cercles par leurs rayons portés sur deux bandes de papier ou de carton; en face des longueurs proportionnelles à R_p ampères (ou à R_h), on inscrit les valeurs en watts des pertes correspondantes p

(¹) La figure est tracée dans l'hypothèse où γ est négatif, cas usuel. Pour les valeurs négatives de h, ED vient au-dessus de C et non en dessous.

(ou h respectivement) et l'on mesure ainsi en pertes les distances GC et G'C.

Le rendement maximum s'obtient en plaçant C sur l'horizontale passant par G ([1]).

M. **J.-B. Charcot** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de rendre compte à l'Académie, sous le haut patronage de laquelle est placée l'année polaire 1932-1933, de la mission de préparation accomplie au Scoresby-Sund par le *Pourquoi-Pas?* sous ma direction.

Tous les buts ont été atteints grâce à l'excellent équipage de l'État, admirablement commandé par l'Officier des équipages A. Chatton et la collaboration de M. Louis Gain, mon ancien collaborateur dans l'Antarctique, actuellement inspecteur à l'O. N. M., envoyé en mission par le Ministère de l'Air.

L'emplacement de la maison d'habitation et de la station basse a été choisi, les matériaux portés à pied d'œuvre, la construction commencée.

M. Gain, après avoir exploré les sommets du voisinage, a trouvé l'emplacement idéal de la station d'altitude, qui pourra même communiquer par signaux avec la station principale. Un charpentier danois, spécialiste de ce travail, terminera la construction des deux stations, de telle sorte que les membres de la mission de l'année polaire pourront commencer leurs observations dès leur arrivée en 1932.

La sympathie et l'intérêt des fonctionnaires danois et des esquimaux sont largement acquis.

Le *Pourquoi-Pas?* en cours de croisière a poursuivi, grâce à la présence de M. Serène, licencié ès sciences, de M. le professeur Mercanton de Lausanne et de moi-même, ses travaux habituels d'histoire naturelle, de physique du globe et d'océanographie. M. Gain, grâce aux renseignements fournis par la T. S. F., dressait matin et soir des cartes météorologiques et les prévisions de ce savant, reconnues presque toujours très exactes, ont rendu les plus grands services à notre navigation sur un bateau dont la marche dépend de la direction du vent et de l'état de la mer.

([1]) *Loc. cit.* (p. 413).

De nombreuses photographies et un film documentaire ont été pris, tandis que l'artiste bien connu, M. Montagné, a réuni une importante collection d'aquarelles et de dessins.

Le *Pourquoi-Pas?* doit reprendre la mer dans quelques jours pour poursuivre des études biologiques dans l'Atlantique et l'essai de divers appareils océanographiques.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Les trois types de mitoses caractéristiques du premier développement chez l'œuf de Bombyx fécondé ou parthénogénésique.* Note (¹) de MM. **É. Bataillon** et **Tchou Su.**

Chez les œufs d'Oursins et d'Anoures, trois types mitosiques fondamentaux nous donnent une idée des adaptations diverses auxquelles se prêtent les rythmes plasmocinétiques et caryocinétiques relativement autonomes.

Le plus simple est le monaster d'activation totale, membranogène. Ici, le levain de gel véhiculé par la spermie est absent. Le relèvement du métabolisme sur l'œuf vierge donne le pas à la caryocinèse. La fonte tardive de la membrane nucléaire libère des principes actifs : caryoplasme et cytoplasme se figent sur un gel rayonnant qui inaugure le rythme des mitoses monocentriques; la plasmocinèse domine la caryocinèse et lui impose sa forme.

Dans le type amphiastral de fécondation, le levain spermatique engage d'emblée l'évolution astérienne; et le spermaster s'est dédoublé quand les noyaux entrent en cinèse. Le fuseau nucléaire, né au contact de deux masses plasmatiques rigides, est un gel autonome dont la bipolarité coïncide avec celle du couple astérien. La continuité de cette adaptation, qui synchronise plasmodiérèse et caryodiérèse, suppose une anticipation régulière de la dicentrie plasmatique; elle s'amorce à chaque télophase.

Le rythme anastral d'activation partielle marque bien cette indépendance relative des mouvements plasmatiques et nucléaires qui semblent alterner. Une réaction éliminatrice déficiente a ajourné tous les processus cinétiques. Mais c'est le plasma qui se prend tout d'abord en un gel périnucléaire. Le noyau s'ouvrira comme dans le cas précédent sur un aster épanoui mais monocentrique et son fuseau, libéré dans une aire de régression, s'étranglera sur l'œuf indivis. Le fuseau type de la caryocinèse naît toujours dans les mêmes conditions; mais il a sa *bipolarité propre*, elle se manifeste sur un gel simple comme au contact d'un gel double.

Les conditions changent chez l'œuf centrolécithe de Bombyx, pauvres en plasma; ici, après la réaction fécondatrice globale, les pronucléi, le couple amphimixique et ses dérivés accaparent des îlots limités, indépen-

(¹) Séance du 31 août 1931.

dants *au point de vue cinétique*. La relation $\frac{N}{P}$, très faible dans le cas général qui vient d'être visé, se trouve partout beaucoup plus forte. A ce caractère dominant, qui réduit au minimum les processus plasmocinétiques initiaux, s'en ajoute un autre : la *permanence d'un centrosome d'origine mâle*, indispensable à la cytodiérèse sur les territoires arrivés à une certaine taille.

Trois types mitosiques fixent encore l'attention : ils correspondent à trois catégories d'îlots : *cellule femelle* privée de centres où la relation $\frac{N}{P}$ est maxima; *cellule mâle*, à relation $\frac{N}{P}$ anormalement faible (nantie de centres); enfin *cellule amphimixique* qui cumule les constituants d'un élément mâle et d'un élément femelle : c'est le cas normal avec un rapport de masses intermédiaire.

La cellule femelle, point de départ d'une parthénogenèse, c'est le pronucleus, issu de cinèses maturatrices identiques à celles de l'œuf fécondé, et entouré d'une mince auréole cytoplasmique. De par cette pénurie, et quel qu'ait été le degré d'activation, l'appareil cinétique se réduit au gel fusorial, sans antécédent astérien : un rythme anastral simplifié se substitue au rythme monastérien qui évoluait ailleurs à la condition inverse. L'étranglement du fuseau entraîne celui de la pellicule, et l'on s'attendrait à une série de cytodiérèses irréprochables. Or une autorégulation du rapport de masses compromet l'embryogenèse. Dès le stade 2, plus souvent aux stades 4 ou 8, la cytodiérèse avorte sur certains îlots plus volumineux, munis de cinèses multiples, géantes ou pluripolaires. Même sur les bandelettes embryonnaires les meilleures, on trouvera des cellules énormes à noyaux bosselés, en voie d'altération. A une autre échelle, c'est la condition du rythme anastral chez l'œuf d'Oursin. Sur les teritoires accrus, l'étranglement du fuseau devient impuissant à diriger la division totale en l'absence de centrosome.

La parthénogenèse effective exigerait ici un succédané du spermaster, que nos techniques ne nous donnent point. Si elle existe chez le Bombyx, comme d'aucuns l'ont soutenu, elle ne saurait être qu'un accident rarissime.

Sur une cellule mâle surnuméraire, c'est la relation $\frac{N}{P}$ inverse. La caryocinèse se fige en métaphase; deux granules issus du spermocentre s'éloignent de plus en plus des pôles du fuseau, entraînant le plasma étranglé et amorçant la plasmodiérèse. Les deux masses polaires s'isolent plus tard de la figure cinétique en pycnose. Leurs centres vont s'irradier, se multiplier et fournir une constellation d'îlots anucléés. Une relation inverse de la précédente commande bien un résultat inverse : *division active de territoires centrés sans noyau*. Chez la cellule femelle, c'était la *plasmodiérèse bloquée* sur des *îlots plurinucléés* et *privés de centre*.

Mais, même sur ces fuseaux figés, la croissance plasmatique s'affirme. La plasmodiérèse suspendue ne s'achève, et la prolifération ne commence qu'au moment où le gel astérien s'épanouit sur des masses d'une certaine taille.

Il en va de même des cellules amphimixiques. Au début, leurs granules centraux se dilatent régulièrement en anaphase, évoquant le rythme astérien normal, mais les radiations sont absentes. C'est avec un semis de centaines d'éléments dont le diamètre a doublé, quand commence la migration, que de puissants asters se développent sur les centres télophasiques, soit au centre de l'œuf, soit dans les premières mitoses de la séreuse. Condition passagère! car bientôt le rythme fléchit avec l'absorption des réserves. Sur les cellules réduites de la séreuse et de la bandelette, les radiations mitosiques s'effacent.

En résumé, deux données fondamentales éclairent les types cinétiques des œufs de Bombyx :

importance capitale du centrosome, levain de gel localisé apporté par la spermie, condition nécessaire d'un rythme régulier de cytodiérèses;

autonomie cinétique des trois sortes cellulaires dont la destinée est dominée par des relations nucléoplasmiques très différentes.

C'est la masse plasmatique insignifiante de la première cellule femelle qui réduit sa figure cinétique au gel fusorial, et substitue au rythme monastérien un rythme anastral simplifié. C'est l'absence de centre qui bloque la cytodiérèse et trouble la caryocinèse, quand l'autorégulation amène les cellules parthénogénésiques à une certaine taille.

Chez les cellules mâles comme chez les éléments amphimixiques, le gel astérien ne s'épanouit que tardivement quand le diamètre a doublé. Les caryocinèses mâles sont irrémédiablement figées de par leur relation $\frac{N}{P}$ trop faible. Mais la plasmodiérèse persiste. Elle s'achève quand les masses polaires s'irradient; elle continue sur ces masses, détachées des fuseaux en pycnose; elle est dirigée constamment par une sphérocinèse dont l'origine nous fait toucher du doigt le fonds de vérité que recèle encore la thèse de Boveri. Nulle part n'émergent, mieux que dans la fécondation des œufs de Bombyx, *la permanence et la continuité génétique du grumeau centrosomien d'origine spermatique. Les gélifications astériennes n'apparaissent que sur lui; on ne les voit jamais dans la parthénogenèse où il manque.*

NOMINATIONS.

MM. **A. Béhal**, **C. Matignon** et **M. Delépine** sont délégués pour représenter l'Académie à l'inauguration de la statue de Henri Moissan, à Meaux, le 4 octobre 1931, à l'issue du *XI[e] Congrès de Chimie industrielle.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Ministère des Colonies. *Mission de prospection des forces hydrauliques de l'Afrique équatoriale française.* P. Darnault, Ingénieur, Chef de Mission. *Rapport d'ensemble.* Préface de M. Antonetti, Gouverneur général de l'Afrique équatoriale française. (Présenté par M. P. Janet.)

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'application des interférences à quelques problèmes d'écoulement à grande vitesse.* Note (¹) de M. **R. Tremblot**, transmise par M. A. Cotton.

Au moyen du dispositif décrit dans une précédente Note (²), nous avons pu mesurer la répartition des densités dans une tuyère de Laval, afin de décider entre les conclusions de Prandtl, Steichen et Stodola, d'après lesquels l'écoulement est rigoureusement adiabatique, et celles de Müller (³), indiquant une évolution sensiblement à chaleur constante.

Les courbes que nous avons obtenues coïncident avec celles que l'on déduit de la première hypothèse, la précision étant supérieure à 1 pour 100. Il est, pour cela, nécessaire de profiler la tuyère de manière à amener une continuité suffisante dans la courbure des parois; sinon, la densité cesse brusquement de décroître dans la région correspondante, le point figuratif passant d'une branche d'adiabatique sur une autre. Nous avons ainsi suivi la détente de l'air depuis la pression initiale de 3,5 kg/cm² jusqu'à des pressions inférieures à 0,7 kg/cm²; la détente est alors limitée par le décollement du jet, dont la structure est analogue à celle observée par Mach dans les écoulements libres s'effectuant à des vitesses supérieures à la célérité du son.

L'interféromètre de Michelson nous a permis également une étude des

(¹) Séance du 31 août 1931.

(²) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 480.

(³) Muller, *Dissertation*, Munich et Berlin, 1919.

variations de densité autour d'un obstacle, de manière à observer un phénomène à deux dimensions. La vitesse du courant atteignait sensiblement 500 m/sec, soit le double de celle du son à la température correspondante. L'obstacle était constitué par une lame de métal de $0^{mm},5$ d'épaisseur terminée, soit par une face plane, soit par un demi-cylindre ou un biseau aigu. Dans les deux premiers cas, l'onde de choc se forme à 1^{mm} en amont de l'obstacle, et présente une épaisseur notable; la densité augmente de 60 pour 100 environ en face du bord d'attaque, en subissant une discontinuité. Mais le fait non encore signalé, semble-t-il, consiste dans la répercussion du choc vers l'amont du courant; la densité du fluide augmente légèrement quelques millimètres avant le front de l'onde de choc.

Cette variation de densité doit, corrélativement, entraîner un réchauffement considérable du gaz : il en résulte une légère variation du chemin optique dans le verre constituant les parois du tunnel, au voisinage immédiat du bord d'attaque de l'obstacle.

Pour contrôler ces résultats, nous avons utilisé un dispositif interférentiel, dû à M. Danjon, qui fournit directement les différences d'indice suivant deux chemins distants de $0^{mm},05$ à $0^{mm},30$ et traversant normalement le tunnel. Les clichés obtenus par cette méthode dessinent avec plus de netteté les ondes de choc, et montrent leur réflexion sur les parois du tunnel; la réflexion semble se faire sur les dernières tranches d'air, et non sur les parois elles-mêmes, ce phénomène étant d'autant plus marqué que le front de l'obstacle est plus émoussé.

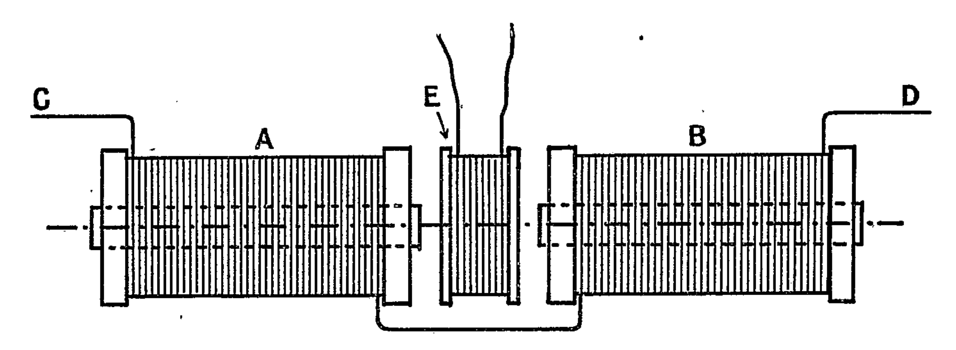
Avec un obstacle en forme de biseau, les ondes de choc partent de l'arête même, et présentent une amplitude moindre. Ce profil semblerait indiqué pour la réalisation des tubes de Pitot; si les difficultés d'emploi semblent trop grandes, la forme carrée présente alors le plus d'avantages; l'onde de choc partant bien en avant de l'orifice, la perturbation est moindre à l'endroit où l'on se propose de mesurer la pression.

L'étude de la structure fine de ces phénomènes est en cours.

MAGNÉTISME. — *Sur la recherche de la dissymétrie et les défauts dans les pièces ferromagnétiques.* Note [1] de M. **Jean Peltier.**

Dans ma dernière Note [2] j'exposais des essais basés sur l'emploi de champs tournants en vue de la détermination des défauts dans les pièces de révolution et j'indiquais la possibilité d'utiliser un dispositif *différentiel* pour les pièces de forme quelconque.

Je viens d'obtenir de nouveaux résultats en réalisant une sorte de balance d'induction réduite aux organes essentiels suivants :



A, électro-aimant à noyau de fer réglable par déplacement longitudinal;

B, électro-aimant identique au précédent et disposé en série avec A;

C, fil neutre du réseau de distribution du courant alternatif;

D, l'une des phases du réseau (la différence de potentiel entre C et D est sensiblement 115 volts et la fréquence 50 périodes par seconde);

E, induit ou bobine reliée aux bornes d'entrée d'un amplificateur basse fréquence de grande puissance.

Les connections entre les bobines A et B sont telles que le champ résultant dans l'entrefer où se trouve E soit pratiquement nul (dans ces conditions, le ronflement produit par un haut parleur à la sortie de l'amplificateur basse fréquence est minimum et un réglage convenable des divers organes de la « balance » permet un équilibre sensiblement parfait avec suppression à peu près totale de ce ronflement).

Il est dès lors évident que la présence de masses métalliques non symé-

---

(1) Séance du 31 août 1931.

(2) *Exploration des pièces ferromagnétiques de révolution par l'emploi des champs tournants* (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 348).

triques au voisinage des extrémités extérieures des noyaux de fer ou même dans l'entrefer des bobines A et B, provoque une dissymétrie du champ capable d'engendrer un courant induit dans la bobine E et par suite de produire un ronflement très intense dans le haut parleur. L'expérience m'a permis de constater que la sensibilité de ce dispositif est extrêmement grande et quelques variantes peuvent encore être envisagées :

Soit fixation des bobines A et B sur un noyau de fer unique;

Soit au contraire division de E en deux petites bobines disposées symétriquement de façon à laisser libre l'entrefer (permettant ainsi d'introduire entre A et B la pièce à étudier).

Avec ce dernier appareil, la vérification des inégalités d'épaisseur dans les tubes métalliques serait d'une simplicité remarquable : chacune des parois se trouvant à proximité d'une extrémité d'un des noyaux de fer, la moindre variation d'épaisseur perturberait le champ magnétique provoquant le ronflement caractéristique déjà mentionné précédemment.

L'emploi de courants de plus grandes fréquences permettrait enfin d'aborder les essais sur des substances de plus faible perméabilité magnétique.

ÉLECTROCHIMIE. — *Préparation de cérium pur.* Note (1) de MM. **Maurice Billy** et **Félix Trombe**, présentée par M. Georges Urbain.

Le but de ce travail a été d'obtenir du métal pur en opérant avec quelques grammes de sel, ce qui constitue une méthode de laboratoire pour la préparation des métaux des terres rares.

On prépare généralement le cérium par électrolyse d'un mélange de chlorure de cérium ($CeCl^3$) et de chlorures alcalins; on fond le mélange par chauffage extérieur ou par le courant, celui-ci variant suivant les méthodes de 30 à 200 ampères sous 6 à 15 volts.

Hildebrand et Norton (2) opèrent dans un creuset d'argile avec cathode en fer et anode en platine.

Hofer, Muthmann et Weiss (3) prennent un creuset de cuivre à double paroi avec enduit protecteur de sel, la cathode et l'anode sont en charbon. Le courant électrique maintient la fusion du bain.

---

(1) Séance du 3 août 1931.

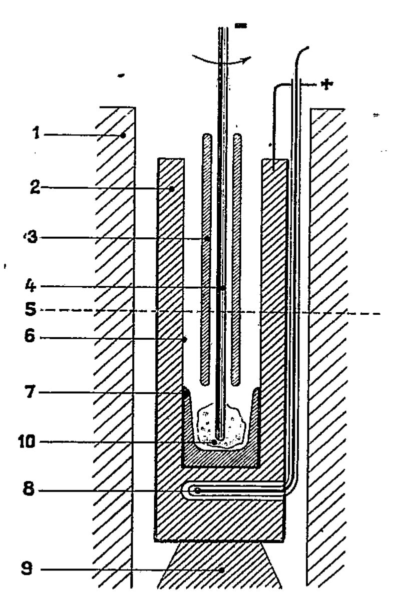
(2) HILDEBRAND et NORTON, *Ann. Phys. Pogg.*, 156, 1875, p. 466.

(3) MUTHMANN, HOFER et WEISS, *Ann. Chem.*, 320, 1902, p. 231.

Hirsch (¹), utilise un creuset de fer. Harris, Schumacher et Lucas (²) et Kremers et Beuker (³) ont employé uniquement un matériel en carbone; ils purifient le métal par amalgamation ou refusion, mais ils ne donnent aucun détail ni sur la purification, ni sur l'analyse du métal obtenu. Moose et Parr (⁴) accusent 0,01 pour 100 Fe, 0,02 pour 100 d'oxyde dans le cérium préparé par Kremers et Beuker.

D'après ces travaux, on n'obtient un cérium très voisin de la pureté qu'après un affinage ultérieur.

Pour obtenir du métal pur directement, nous avons cherché à éviter



1, enceinte extérieure chauffante; 2, creuset de carbone (anode); 3, tube protecteur (quartz ou fluorine) de cathode; 4, cylindre de molybdène (cathode); 5, niveau du bain; 6, partie du creuset de carbone (anode); 7, creuset de quartz ou fluorine; 8, couple thermo-électrique; 9, support du creuset; 10, métal déposé.

l'introduction de tout élément étranger au cours de l'électrolyse. Le creuset a été pris successivement en charbon, en porcelaines diverses, en quartz fondu et en porcelaine de fluorine (⁵). Les électrolyses ont été faites avec

(¹) Hirsch, *Trans. Am. Electroch. Soc.*, 20, 1911, p. 57.

(²) Schumacher et Lucas, *Am. Chem. Soc.*, 46, 1924, p. 1167; Schumacher et Harris, 48, 1926, p. 3108.

(³) Beuker et Kremers, *Trans. Am. Electr. Soc.*, 47, 1925, p. 219.

(⁴) Moose et Parr, *Am. Chem. Soc.*, 46, 1924, p. 2656.

(⁵) Damiens, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1235.

ou sans diaphragme de sel fondu; l'anode en charbon et la cathode en molybdène étant fixes ou tournantes.

Les meilleures opérations ont été obtenues avec un appareil composé d'un creuset de carbone servant d'anode au fond duquel on ajuste un creuset de quartz ou de fluorine non conducteurs. Le sel monte au-dessus du bord du creuset pour être en contact avec le creuset de carbone (anode). Au centre, on fait descendre près du fond une cathode tournante, cylindre de molybdène protégé dans sa partie supérieure par un tube en quartz ou en fluorine.

Le bain maintenu à 850° est composé de 25^{g} de chlorure de cérium, 16^{g} de chlorure de potassium et 2^{g} de fluorure de calcium. Le courant est de 10 ampères sous 12 volts.

Une opération de 1 heure et demie donne 9^{g} de cérium avec un rendement en métal de 70 pour 100 et un rendement en courant électrique de 50 pour 100. L'emploi des creusets en fluorine diminue ces rendements, la solubilité de la fluorine dans le bain limitant la durée de l'électrolyse.

On peut encore obtenir une électrolyse satisfaisante avec le $\frac{1}{8}$ des quantités indiquées, dans un appareil de dimension réduite.

Le métal obtenu en creuset de fluorine, examiné par la méthode des spectres d'arc, n'a donné que des traces de silicium; le dosage, après attaque de 2^{g} à l'acide chlorhydrique bromé, a révélé la présence de 0,08 pour 100 de silicium.

Aucune autre impureté n'a pu être décelée. Quelques constantes ont été prises.

Dureté Brinell : 250^{kg}, bille de 5^{mm}	42,5
Densité (dans le tétrachlorure de carbone)	6,75
Point de fusion [dans le vide ($\frac{1}{200}$ de millimètre)]	815° ± 5

La préparation directe d'un métal du groupe des terres rares, dans un grand état de pureté et à partir de quelques grammes de chlorure, a été ainsi réalisée.

GÉOLOGIE. — *Sur le massif paléozoïque de Talambot (Rif espagnol).* Note [1] de M. **P. Fallot.**

J'ai noté [2] que le Jurassique de la chaîne calcaire du Rif est crevé à hauteur de Talambot par un massif paléozoïque. Celui-ci, d'orientation méridienne, débute au Sud par des affleurements apparaissant à l'Est et à l'Ouest de la crête jurassique cotée 1000 (carte française), tantôt séparé du Secondaire par du Permo-Trias, tantôt en contact direct avec les dolomies. Sa limite méridionale ne dépasse pas le parallèle 513.

La vallée de l'O. Talambot, dans son tronçon Est-Ouest, coupe ce Paléozoïque et montre qu'il porte normalement le Jurassique de la cote 1000 et du Dj. Kés, ce dernier esquissant un synclinal déversé à l'Ouest. A l'Est de ce sommet, le Paléozoïque (où l'on reconnaît les phyllites, les quartzites, les « calizas alabeadas », le Gothlandien à patine rose et le Paléozoïque récent décrits ailleurs [3]) forme la double croupe de la position d'Adrouz et s'étend vers le Nord, limité, à l'Est, par un contact en partie anormal. A Talambot, le Primaire porte le Permo-Trias et le Jurassique, très réduits, presque verticaux, suivis immédiatement par un Flysch rose, synclinal, très écrasé, entre ces couches et la retombée du Jurassique qui domine Talambot à l'Est. Mais cette allure synclinale ne s'observe que sur quelques centaines de mètres. Plus au Nord, il semble que le flanc occidental du pli s'écrase et que le Primaire s'appuie directement contre le Jurassique du grand massif dominant Talambot, selon une surface inclinée à 80° à l'Ouest. Sur son bord ouest par contre, le massif paléozoïque disparaît très normalement sous le Jurassique d'un petit chaînon allongé entre ce Primaire et l'O. Lau, que la carte française dénomme Dj. Eghildjane. Cette disposition normale s'observe encore au Nord dudit chaînon, au Nord-Ouest de Tirines, où un petit dôme très redressé fait pointer le Paléozoïque au beau milieu du Jurassique.

La partie septentrionale du grand massif primaire est cachée par un conglomérat (avec cailloux d'Arenisca del Algibe, provenant donc de la

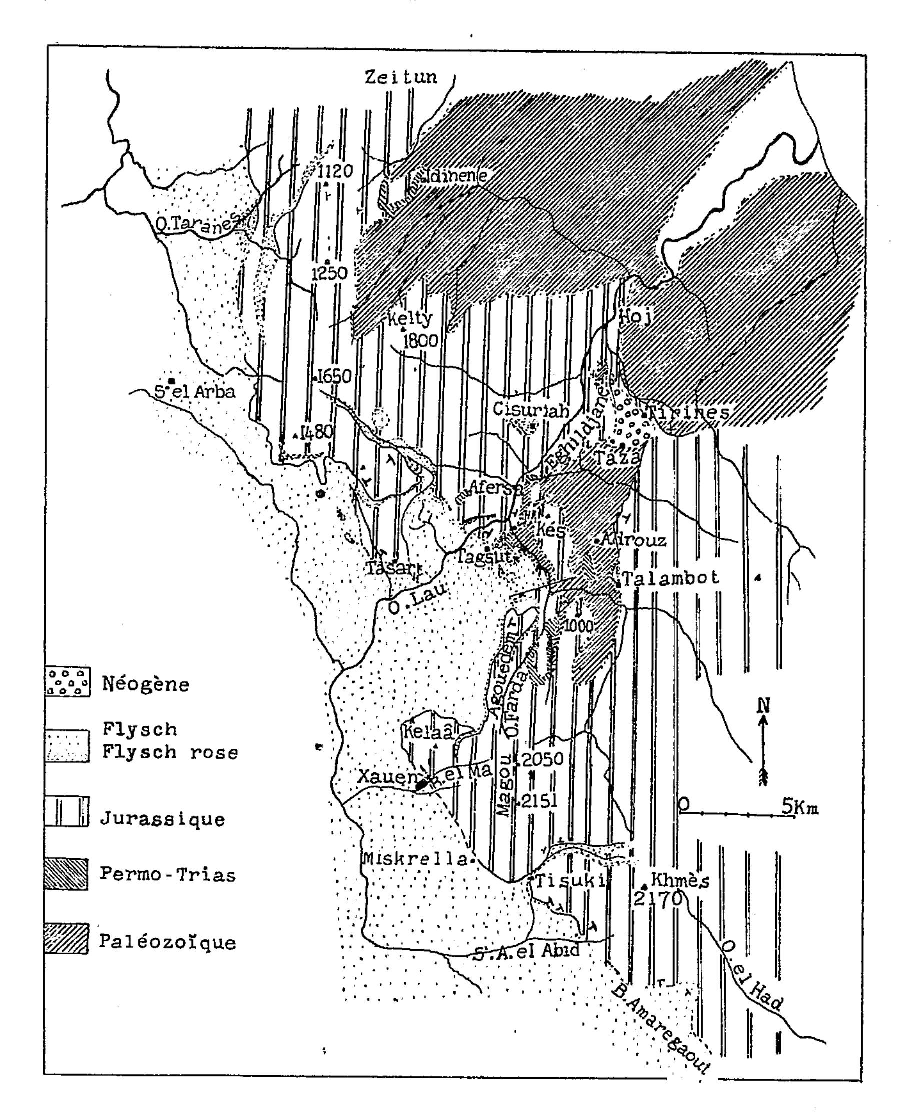
---

(1) Séance du 27 juillet 1931.

(2) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 245.

(3) A. Marin, M. Blumenthal et P. Fallot, *Observations géologiques sur le Nord-Ouest du Rif marocain* (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, 30, 1930, p. 501-573).

zone du Flysch, et galets perforés par des pholades) passant à des mollasses tendres. Cette formation sans doute néogène est marine, sauf à l'Est vers Tamorabet, où les conglomérats prennent une stratification entre-croisée.



Au Nord le Paléozoïque disparaît sous le Jurassique dans lequel sont encaissés les deux oueds descendant, au Nord de Tirines, vers l'O. Lau. Mais ce Secondaire est très étroit et l'on ne tarde pas à retrouver à l'Est le Paléozoïque qui appartient à la zone interne de l'arc rifain, et qui, d'après

l'allure d'ensemble des contours, paraît légèrement appuyé contre le Jurassique, comme en beaucoup d'autres points de la bordure interne de la dorsale calcaire.

L'extension méridienne du massif de Talambot dépasse 13^{km}, sur une largeur de 4^{km},500. Si les contacts sur sa bordure Est peuvent paraître ambigus, le Paléozoïque disparaît de toute évidence sous sa couverture normale de Jurassique, à l'Ouest, disparition qui s'accompagne de pendages Ouest très accusés à l'Est du confluent de l'O. Talambot et de l'O. Lau.

L'orientation de ce massif coïncide avec celle des chevauchements du bord Sud de l'O. Lau. Son tracé est tout à fait oblique par rapport à cette partie de la chaîne calcaire. Les contacts désordonnés et chevauchements locaux qui s'observent dans cette région sont plutôt le fait de la saillie qu'il forme que de déplacements tangentiels importants.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur quelques actions physiologiques du chlorotropane.* Note de MM. **Michel Polonovski** et **René Hazard**, présentée par M. A. Desgrez.

La toxicité générale de l'éther chlorhydrique du tropanol ou 3-chlorotropane (¹) est, pour les animaux de laboratoire, beaucoup plus grande que celle de la base dont il dérive et même que celle de l'atropine. Chez le chien, qui supporte des doses élevées de tropanol, une dose de 0^{g},01 de chlorotropane par kilogramme par la voie intraveineuse suffit, en général, pour amener la mort; la respiration artificielle augmente considérablement la tolérance de l'animal.

Chez le rat blanc, le chlorotropane (dose mortelle minima voie péritonéale 0^{g},035 par kilogramme) se montre environ dix fois plus toxique que le tropanol.

Le cobaye qui supporte, comme tous les herbivores, des doses énormes d'atropine est tué, en général, par une dose de chlorotropane (0^{g},04 par kilogramme voie intrapéritonéale) environ dix fois plus faible que la dose mortelle moyenne d'atropine. Si l'on admet que la résistance des herbivores à l'intoxication par l'atropine repose sur la propriété que possède leur sang

(¹) En ce qui concerne les constances physiques de ce corps, voir M. Polonovski, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 179; *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 45, 1929, p. 304.

d'hydrolyser cet alcaloïde en ses éléments moins toxiques, on peut penser que l'organisme de ces animaux est incapable de faire subir cette saponification à un éther d'acide minéral.

Le chlorotropane exerce sur la pression artérielle du chien une action dont le sens même varie, pour une même dose de produit ($0^g,005$ à $0^g,01$ par kilogramme voie intraveineuse), suivant les animaux en expérience. On observe le plus souvent une phase d'hypertension (atténuée mais encore nette après surrénalectomie) avec augmentation d'amplitude des contractions cardiaques, à laquelle succède une phase d'hypotension quelquefois peu marquée, parfois très accentuée, avec inotropisme et chronotropisme négatifs passagers. La phase d'hypotension peut être seule manifeste.

Le vague cardiaque présente une excitabilité électrique diminuée par une dose de chlorotropane [1] de $0^g,005$ par kilogramme. Il peut être paralysé quelquefois avec $0^g,01$; il l'est toujours avec $0^g,02$. Ces doses suppriment presque complètement l'action des doses d'acétylcholine normalement actives sur le cœur [2].

Le chlorotropane exerce sur l'intestin du chien *in situ* une action qui rappelle sur plus d'un point celle de la nicotine [3] : action d'abord et surtout excitante, caractérisée par l'augmentation du tonus et des contractions de l'intestin et troublée par une phase passagère d'inhibition d'allure et sans doute d'origine adrénalinique. La nicotine affaiblit et l'atropine supprime l'action normale du chlorotropane.

Les doses fortes ($0^g,01$ à $0^g,02$) semblent développer secondairement une action paralysante : elles atténuent l'action de la nicotine, et une deuxième injection de chlorotropane reste généralement sans effet sensible par rapport à la première.

En somme, l'éthérification du tropanol par l'acide chlorhydrique augmente la toxicité de cet alcool; renforce et rend plus périphérique l'action paralysante de celui-ci sur le vague cardiaque ; donne à l'action de la molécule sur l'intestin une allure nicotinique.

---

(1) R. HAZARD, *Arch. Int. de Pharmacodynamie et de Thérapie*, **38**, 1930, p. 271.

(2) Le tropanol, au contraire, respecte ou accentue celle de l'acétylcholine (R. HAMET, *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 820).

(3) Le tropanol produit sur l'intestin du chien *in situ* un effet excitant antagoniste de celui de l'atropine (R, HAMET, *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 820).

TÉRATOLOGIE ENTOMOLOGIQUE. — *La bipartition expérimentale des pièces impaires de l'exosquelette chez le* Tenebrio molitor *L.* (*Coléopt.* Tenebrionidæ). Note [1] de M. **P. Cappe de Baillon**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Il existe chez les Coléoptères une anomalie assez fréquente, caractérisée par la bipartition plus ou moins complète du pronotum dans le sens de la largeur. Le fait qu'Arendsenein (1924) [2] a rencontré chez une même espèce le *Tenebrio molitor* L., tous les stades intermédiaires entre la simple échancrure du pronotum et sa division en deux sclérites distincts, indiquait déjà que l'anomalie n'était pas l'effet du hasard, mais correspondait à un processus de développement peut-être commun à un grand nombre d'Insectes. En pratiquant des coupes à travers le thorax de Coléoptères appartenant à diverses familles, J. Corset [*Les coaptations chez les Insectes* (*Bull. Biol. France et Belgique*, Supplément XIII, 1931)] a constaté l'existence d'un sillon médian, parfois très profond, non seulement sur le pronotum, mais encore sur le mésoscutum et sur le scutellum d'un bon nombre d'espèces, et il a émis l'hypothèse que ces pièces de l'exosquelette résultaient peut-être de la jonction, le long de la ligne médiane, de deux demi-sclérites formés isolément sur les faces latéro-dorsales d'un même segment. A l'appui de son idée, l'auteur cite plusieurs cas de bipartition accidentelle du pronotum et les attribue à un arrêt de croissance survenu au cours de la vie larvaire.

Cette hypothèse, en parfait accord avec ce qu'on sait des disques imaginaux et de leur disposition sur les segments, peut être aisément vérifiée par l'expérience : s'il est vrai que le pronotum, le mésoscutum et le scutellum de certains Coléoptères résultent de la jonction, le long de la ligne médiane, de deux demi-sclérites formés isolément sur un segment commun, la lésion unilatérale du premier ou du second segment thoracique doit entraîner l'arrêt de croissance du demi-sclérite correspondant, et rendre apparente la bipartition.

Les expériences de cautérisation faites sur le *Tenebrio molitor* L. ont confirmé ces prévisions, tout en faisant ressortir un point important : le

(1) Séance du 31 août 1931.

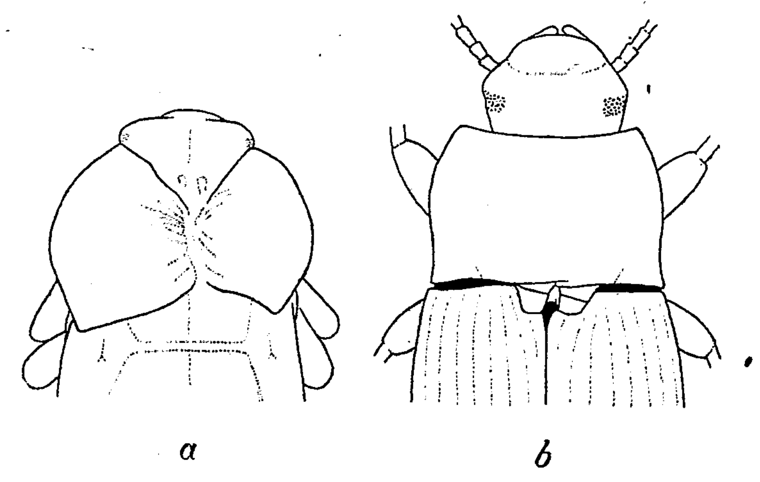
(2) S. A. Arendsen Hein, *Selektions-Versuche mit Prothorax und Elytra Variationen bei Tenebrio molitor* (*Entomol. Mitteil.*, 13, 1924, p. 152-193).

développement parallèle et simultané des deux moitiés du tergite impair.

1° Toute lésion *unilatérale* d'un segment thoracique, faite à un stade déterminé de la vie larvaire, provoque, chez la nymphe et chez l'adulte, la déformation du tergite correspondant au segment lésé ;

2° Une lésion *unilatérale* étendue, intéressant la région moyenne d'un segment thoracique, détermine la bipartition du tergite impair formé par ce segment ;

3° En dépit du caractère unilatéral de la lésion, les deux moitiés du tergite impair biparti offrent un développement sensiblement égal, preuve



Tenebrio molitor L. (Coléopt.). — *a*, bipartition du pronotum chez une nymphe, après cautérisation unilatérale du prothorax de la larve; *b*, bipartition du mésoscutum et du scutellum chez un adulte, après cautérisation unilatérale du mésothorax de la larve.

évidente de la solidarité qui les unit pendant la durée de leur formation : la lésion unilatérale d'un segment thoracique exerce une influence sur le segment tout entier.

La figure représente le résultat de la cautérisation unilatérale du prothorax (*a*) et du mésothorax (*b*), chez deux larves du *Tenebrio molitor*.

Dans le premier cas (*a*), le pronotum de la nymphe est biparti; dans le second (*b*), le mésoscutum et le scutellum de l'adulte sont formés de deux moitiés distinctes.

Étant donnée la variété de structure des pièces impaires de l'exosquelette chez les Insectes, il est impossible de tirer de ces données préliminaires une loi générale. Telles quelles, cependant, ces expériences apportent une con-

tribution à l'étude de la symétrie des Arthropodes; elles expliquent, en particulier, comment peut se réaliser la séparation, souvent si parfaite, des caractères extérieurs du sexe chez les Gynandromorphes bipartis. Étendues à d'autres espèces, elles permettront, sans doute, de préciser la part qui revient aux différents segments dans la formation de certains sclérites impairs d'origine obscure.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Procédé de microinjection quantitative.* Note de MM. **René Wurmser** et **Louis Rapkine**, présentée par M. G. Urbain.

Un grand progrès a été réalisé dans l'étude des milieux cellulaires quand, à la suite des travaux de Mansfield Clark, J., et D. Needham ont microinjecté des indicateurs de potentiel d'oxydo-réduction. Les recherches de J. et D. Needham ([1]), de Chambers et de ses collaborateurs ([2]) et de nous-mêmes ([3]) ont établi que si l'on introduit dans les cellules vivantes de petites quantités de divers indicateurs d'oxydo-réduction, ceux-ci se décolorent presque instantanément ou restent colorés suivant que leur potentiel normal est supérieur ou non à une certaine valeur que l'on appelle le potentiel d'oxydo-réduction intracellulaire. Mais on ne peut encore affirmer que la cellule renferme un système oxydo-réducteur véritablement en équilibre, existant en quantité notable et responsable de la réduction des colorants. On conçoit que ces colorants pourraient fixer de l'hydrogène provenant de certains donateurs grâce à la présence de diastases, sans que cet hydrogène existât sous une forme mobile, dans la cellule, avant l'introduction d'un accepteur. Or toutes les mesures effectuées jusqu'ici ne fournissent d'indications que sur le potentiel, c'est-à-dire le facteur d'intensité du travail de réduction que peut fournir une cellule, et ne nous renseignent pas sur son facteur de capacité, sur la masse de l'hydrogène mobile.

C'est pour entreprendre cette étude que nous avons établi un dispositif permettant d'introduire sous le microscope, dans une cellule ou un élément de cellule, des quantités déterminées de substance, c'est-à-dire de réaliser des microinjections quantitatives. Il suffit pour cela d'ajouter au dispositif

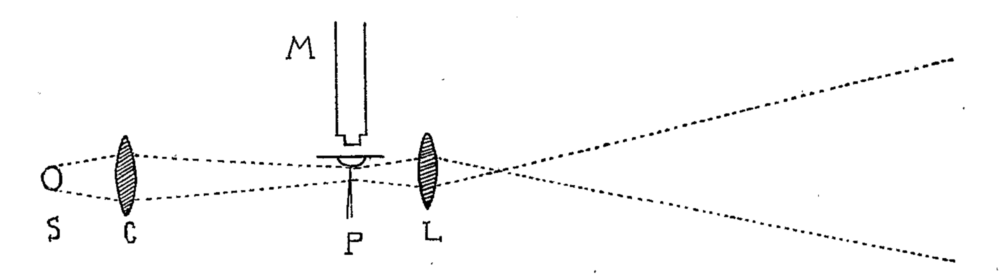
---

([1]) J. et D. Needham, *Proc. Roy. Soc.*, B, 98, 1925, p. 259; 99, 1926, p. 173 et 383.

([2]) B. Cohen, R. Chambers et P. Reznikoff, *Journ. of Gen. Physiol.*, 11, 1928, p. 585.

([3]) L. Rapkine et R. Wurmser, *Proc. Roy. Soc.*, B, 102, 1927, p. 128.

ordinaire de Chambers, constitué par un microscope et un porte-pipette micrométrique, un éclairage latéral perpendiculaire à l'axe du microscope et une petite lentille montée, elle aussi, sur un support à mouvement micrométrique. Cette lentille donne sur un écran vertical une image agrandie de la pipette servant aux injections. La figure ci-dessous précise la disposition du montage : S représente la source de lumière constituée par une lampe à arc de tungstène ; le condensateur C assure un éclairage intense de la micropipette P dont on observe l'extrémité en même temps que la préparation en goutte pendante dans le microscope M ; la lentille L, dont la distance focale est de 28^{mm}, fournit un grossissement de 87.



En même temps que l'on observe dans le microscope la préparation et la projection horizontale de la pipette, on lit sur l'écran vertical les longueurs de la colonne de liquide injecté, dont on peut suivre à tout instant l'écoulement. Un calibrage de la pipette à la chambre claire ou à l'aide d'un micromètre oculaire permet ensuite de calculer les volumes correspondants.

Nous avons pu par cette méthode introduire dans le noyau d'une cellule des quantités déterminées d'une solution de 2.6-dibromophénolindophénol 0,0125 M en H_2, et en suivre la décoloration en fonction du temps. Les cellules expérimentées étaient celles de la glande salivaire du Chironome. Le volume du liquide injecté peut dépasser celui du noyau lui-même, qui reprend rapidement ses dimensions normales. Le colorant reste par contre toujours localisé dans le noyau, comme on peut s'en assurer en le réoxydant par injection de ferricyanure de potassium. Le tableau suivant indique quelques résultats :

Volume du noyau.	Molécule-gramme H_2.	Temps de réduction.
$1,2.10^{-4}$ mm^3	$1,6.10^{-12}$	< 1 seconde
1,2 »	3,2 »	< 1 »
1,9 »	5,3 »	< 1 »
1,9 »	10,5 »	< 1 »
0,8 »	16 »	5 secondes

Ces premiers résultats montrent que le noyau de la cellule étudiée est environ $\frac{1}{40}$ moléculaire en H_2 mobile, et contient encore des réserves d'hydrogène rapidement mobilisable.

La méthode permet donc d'étudier directement à l'intérieur d'une cellule ou d'un élément cellulaire la cinétique de la réduction, de comparer à ce point de vue diverses cellules ou divers stades d'une même cellule, enfin de rechercher, parmi les divers constituants de la cellule, ceux qui peuvent quantitativement être rendus responsables des propriétés oxydo-réductrices du milieu intracellulaire.

La méthode proposée n'est pas seulement applicable à l'étude de la cellule; elle étend la technique volumétrique bien au delà de ses limites actuelles.

La séance est levée à $15^h 20^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 3 août 1931.)

Note de MM. *Gabriel Bertrand* et *P. de Berredo Carneiro*, Le principe actif du guarana :

Page 276, ligne 20, *au lieu de* guarinine, *lire* guaranine.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 SEPTEMBRE 1931.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le maximum absolu d'une somme trigonométrique.* Note [1] de M. **Serge Bernstein**.

Soit

$$(1)\qquad S_n(\theta) = a_0 + a_1\cos\theta + b_1\sin\theta + \ldots + a_n\cos n\theta + b_n\sin n\theta$$

une somme trigonométrique d'ordre non supérieur à n. En appliquant les procédés habituels de la théorie de la meilleure approximation, on établit le résultat suivant :

Si l'on a

$$(2)\qquad |S_n(0)| \leqq 1, \qquad |S_n(\alpha)| \leqq 1,$$

et si l'on sait que le maximum absolu M *de* $|S_n(\theta)|$ *est atteint dans l'intervalle* $(0, \alpha)$, *on a nécessairement*

$$(3)\qquad M \leqq \frac{1}{\cos\frac{n\alpha}{2}},$$

en supposant $\alpha < \frac{\pi}{n}$.

En d'autres termes, si

$$\alpha = \frac{\pi}{\lambda n}, \qquad \lambda > 1,$$

---

(1) Séance du 24 août 1931.

on a

$$M \leqq \frac{1}{\cos\frac{\pi}{2\lambda}}, \tag{3bis}$$

l'égalité étant effectivement réalisée pour

$$S_n(\theta) = \frac{\cos\left(n\theta - \frac{\pi}{2\lambda}\right)}{\cos\frac{\pi}{2\lambda}}. \tag{4}$$

Donc, *a fortiori, si l'on a* $|S_n(\theta_k)| \leqq 1$ *en* $2\lambda n$ *points équidistants* θ_k, *la valeur*

$$A = \frac{1}{\cos\frac{\pi}{2\lambda}} = \frac{1}{\sin\frac{\pi}{2N}}, \tag{5}$$

où $\lambda = \frac{N}{N-1} > 1$, *servira de borne supérieure indépendante de n pour* $|S_n(\theta)|$. De plus, *si* λ *est un nombre entier, cette valeur* A *sera effectivement atteinte*, d'après (4). Mais, si λ *n'est pas entier*, la condition plus restrictive qu'on vient d'imposer à $S_n(\theta)$ abaisse, en général, la valeur de M, et l'on a le théorème suivant :

Si $|S_n(\theta_k)| \leqq 1$ *en* $2\lambda n = \frac{2Nn}{N-1}$ *points équidistants* θ_k *on a, pour toute valeur de* θ,

$$|S_n(\theta)| \leqq \frac{1}{N}\left[\frac{1}{\sin\frac{\pi}{2N}} + \frac{1}{\sin\frac{3\pi}{2N}} + \ldots + \frac{1}{\sin\frac{(2N-1)\pi}{2N}}\right] = L, \tag{6}$$

en supposant que N *est un nombre entier.*

Par exemple : pour $N = 2 (\lambda = 2)$, on a $L = A = \sqrt{2}$; pour $N = 3\left(\lambda = \frac{3}{2}\right)$, on a $L = \frac{5}{3} < A = 2$; pour $N \to \infty (\lambda \to 1)$, on a $L \sim \frac{2}{\pi}\log N$, $A \sim \frac{2N}{\pi}$. Suivant que le nombre des points θ_k est impair $\frac{2Nn}{N-1} = 2m+1$ ou pair $\frac{2Nn}{N-1} = 2m$, la valeur L est effectivement atteinte par l'une ou l'autre des sommes

$$S_n(\theta) = \frac{\sin\frac{2m+1}{2}\theta}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \frac{1}{\sin\frac{2k+1}{2}(\theta - \theta_k)} \qquad \left(\theta_k = \frac{2k\pi}{2m+1}\right), \tag{7}$$

ou

$$(7^{bis})\qquad S_n(\theta)=\frac{\sin m\theta}{N}\sum_{k=0}^{N-1}\frac{1}{\sin h(\theta-\theta_k)}\qquad\left(\theta_k=\frac{k\pi}{m}\right),$$

en posant $h=m-n$ $\left(\text{de sorte que } N=\frac{2m+1}{2h+1} \text{ dans le premier cas, et } N=\frac{m}{h} \text{ dans le second cas}\right)$.

La démonstration du fait que la valeur (6) ne peut pas être dépassée résulte de la construction des formules d'interpolation,

$$(8)\qquad P_{m+h}(\theta)=\frac{1}{(2m+1)(2h+1)}\sum_{k=0}^{2m}\frac{\sin\frac{2m+1}{2}(\theta-\theta_k)\sin\frac{2h+1}{2}(\theta-\theta_k)}{\sin^2\frac{\theta-\theta_k}{2}}f(\theta_k)$$

$$\left(\theta_k=\frac{2k\pi}{2m+1}\right),$$

$$(8^{bis})\qquad Q_{m+h-1}(\theta)=\frac{1}{4mh}\sum_{k=0}^{2m-1}\frac{\sin m(\theta-\theta_k)\sin h(\theta-\theta_k)}{\sin^2\frac{\theta-\theta_k}{2}}f(\theta_k)\qquad\left(\theta_k=\frac{k\pi}{m}\right),$$

où $h\leqq m$, qui déterminent des sommes trigonométriques d'ordre $m+h$ et $m+h-1$, respectivement, se confondant avec $f(\theta)$ aux points θ_k. Une des propriétés fondamentales de ces formules est que l'on a identiquement

$$P_{m+h}(\theta)=Q_{m+h-1}(\theta)=f(\theta),$$

si $f(\theta)=S_n(\theta)$ est une somme trigonométrique d'ordre n non supérieur à $m-h$.

Il suffit donc de vérifier que

$$(9)\qquad F=\frac{1}{(2m+1)(2h+1)}\sum_{0}^{2m}\left|\frac{\sin\frac{2m+1}{2}(\theta-\theta_k)\sin\frac{2h+1}{2}(\theta-\theta_k)}{\sin^2\frac{\theta-\theta_k}{2}}\right|\leqq L,$$

en supposant $N=\frac{2m+1}{2h+1}$ entier ([1]), et l'inégalité analogue correspondant à la formule (8bis).

L'inégalité (9) joue aussi évidemment un rôle essentiel au point de vue

([1]) Sans cette restriction la valeur de L n'a pas de sens, mais il est aisé de voir que l'on a dans tous les cas $F\leqq\sqrt{N}$, le signe d'égalité ne pouvant avoir lieu que pour $N=1$, $N=2$ [correspondant à la formule (8bis)].

de la convergence des formules d'interpolation (8) dans le cas où $f(\theta)$ est une fonction continue quelconque. En tenant compte de la remarque faite plus haut, on en déduit facilement que *cette formule [ainsi que (8bis)] converge uniformément quelle que soit la fonction continue $f(\theta)$, pourvu que $\frac{h}{m}$ ne tende pas vers zéro.*

En effet, soit $E_n[f(\theta)]$ la meilleure approximation de $f(\theta)$ au moyen d'une somme trigonométrique d'ordre n et soit

$$\rho_m[f(\theta)] = |f(\theta) - P_{m+h}(\theta)|;$$

on aura, d'après ce qui précède,

$$\rho_m[f(\theta)] < E_{m-h}[f(\theta)][F+1] < \left[2 + A \log\frac{m}{h}\right] E_{m-h}[f(\theta)], \tag{10}$$

où A est une constante que l'on peut fixer indépendamment de m et h.

En posant, par exemple, $m = 3h + 1$, on a

$$\rho_{3h+1}[f(\theta)] < \frac{8}{3} E_{2h+1}[f(\theta)].$$

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Dissociation expérimentale des rythmes cinétiques mâle et femelle sur l'œuf de Bombyx normalement fécondé.* Note [1] de MM. **E. Bataillon** et **Tchou Su.**

Nous savons que les centrosomes d'origine spermatique sont indispensables au rythme normal de la cytodiérèse quand les îlots initiaux s'accroissent. En leur absence, la cellule parthénogénésique minuscule s'étrangle bien d'abord avec le gel fusorial de la caryocinèse; mais la taille augmente, et bientôt le plasma n'est plus entraîné dans la division nucléaire. Sur des territoires plurinucléés surgissent toutes les anomalies cinétiques : la parthénogenèse, dans la règle, est abortive.

Ce rythme anastral simplifié, exempt de toute complication astérienne, est isolé sur l'œuf vierge par tous les agents activants. Il se substitue fatalement au monaster classique, de par la pénurie de plasma sur la cellule femelle du début. Nous ne connaissons pas de traitement régulateur apte à créer sur cette cellule un gel amphiastral : jamais on ne rencontre en parthénogenèse ni centres, ni radiations quelconques.

---

(1) Séance du 7 septembre 1931.

Une cellule mâle surnuméraire est au contraire munie de centres et anormalement riche en plasma. Et cette condition inverse aboutit au résultat inverse. La plasmodiérèse est amorcée quand le noyau entre en mouvement. La cellule s'étrangle en deux masses sur les centrosomes qui fuient les pôles d'un fuseau très court, et ce fuseau dénudé reste figé en métaphase : sa chromatine est condamnée à la dégénérescence pycnotique. Ici donc, c'est le système nucléaire fusorial qui est bloqué. Et l'activité du plasma centré va manifester son autonomie d'abord en s'accroissant, puis en irradiant son gel primitivement localisé à un grumeau, enfin en isolant les territoires polaires qui multiplient leurs asters et s'étranglent, donnant un essaim plus ou moins riche de cellules sans noyaux.

Quand, à la fin d'une ponte ralentie, certains œufs, polyspermiques pourtant, sont réfractaires à l'activation, ne maturent pas, et ne renferment finalement que cette constellation d'éléments irradiés et anucléés, on rapporte volontiers une activité si spéciale à l'équilibre propre de l'élément mâle. On ne peut, en tout cas, faire intervenir l'asynchronisme et les interactions entre mitoses haploïdes et diploïdes qui paraissent jouer dans la polyspermie des Urodèles, puisque les îlots diploïdes n'existent plus. Mais le problème n'est point vidé : car la condition qui rend les œufs inactivables pourrait bloquer ici, au même stade, cinèses mâles et cinèse maturatrice, un mécanisme différent restant possible dans la polyspermie normale.

L'expérimentation sur les œufs fécondés va jeter quelque lumière sur cette énigme. Il s'agit du traitement au chloroforme par lequel nous provoquons le trivoltinisme chez les œufs de bivoltins à la deuxième génération. Cette technique brutale est loin de donner les résultats homogènes.

Parmi les œufs qui virent, quelques-uns seulement échappent à la diapause : ils prennent plus lentement une teinte moins foncée. Il y a, par ailleurs, des cas où la séreuse reste incomplète, souvent réduite à des cellules isolées évoquant la parthénogenèse. Enfin, plus de la moitié des œufs paraissent inertes et certains ne prennent qu'après 3 ou 4 jours une teinte jaunâtre, translucide : nous verrons que cet aspect répond à une réaction très forte.

L'étude doit commencer avant l'apparition de ces symptômes et exige des fixations au hasard. Voici des œufs de 3 heures et demie qui certainement ne pouvaient aboutir à une séreuse. Les quatre noyaux polaires sont refoulés sur la zone de maturation, et deux fois sur trois, le plus périphérique est expulsé dans un globule; les cellules mâles sont normales et munies de leurs centres.

Le même type se reconnaît après 7 heures et demie, mais le tableau s'est précisé : en position marginale, la masse chromatique femelle complexe; et, dans la profondeur, les seuls éléments mâles; il y en a 3 *ou 4 au repos ou en cinèse*. Chez les premiers, les

noyaux dilatés et bosselés semblent en fin de carrière. Mais les centrosomes en pleine activité isolent des segments plasmatiques irradiés; pour 3 noyaux, nous comptons 12 de ces territoires, dont 4 libérés et 8 étranglés à leur base. Par contre, là où l'arrêt se produit en métaphase, c'est exactement le même ensemble qui apparaissait sur nos œufs polyspermiques réfractaires à l'activation. Chez un œuf à 4 spermies, nous trouvons, avec 4 fuseaux nus, 16 îlots détachés; et ces îlots centrés, à radiations peu précises, sont en intercinèse, ils sortent d'une division.

Un œuf de 21 heures renfermera plus de 200 de ces îlots superbement irradiés.

Enfin, au bout de 4 jours, sur une série de 4 œufs jaunis et translucides, nous découvrirons seulement quelques-unes de ces plages, et partout, sur l'aire polaire, les 4 noyaux femelles dont l'un est un pycnose, rejeté sous la membrane dans une exsudation extraordinairement épaisse : la réaction membranogène a été portée là au maximum.

Ce traitement brutal au chloroforme peut donc isoler complètement, sur l'œuf fécondé, l'activité abortive des cellules mâles avec son rythme de plasmodiérèses sans noyaux. Toutes les spermies ont la même destinée fatale quand le pronucléus est frappé d'incapacité.

Mais *il arrive que l'amphimixie soit simplement abolie*. Et alors, à côté des systèmes mâles, la cellule femelle immergée fournit son rythme autonome de cinèses anastrales, donnant à la fin des territoires de diverses tailles, nantis de fuseaux multiples, géants ou pluripolaires, même des cellules séreuses ordinairement clairsemées : ce sont les développements parthénogenésiques signalés ci-dessus (au moins pour une part, car l'évolution amphimixique elle-même est souvent abortive).

Somme toute, l'autonomie des cinèses mâles et femelles est aussi frappante que sur les œufs d'Oursins étranglés de Ziegler. Mais les deux types sont tout différents de par la relation $\frac{N}{P}$ initiale, anormalement forte chez l'élément femelle, anormalement faible chez l'élément mâle.

Si la première condition, jointe à l'absence de centres, rend la *parthénogenèse totale pratiquement irréalisable*, la seconde mène aussi fatalement la cellule mâle isolée à la dégénérescence du noyau, et à une constellation abortive d'îlots plasmatiques centrés. L'*androgenèse expérimentale* (au moins par une seule spermie) *nous apparaît comme une impossibilité chez le Bombyx.*

CORRESPONDANCE.

BALISTIQUE. — *Sur la résistance de l'air à l'arrière des projectiles.* Note[1] de M. **Depreux**, transmise par M. Ernest Esclangon.

1° Les deux faits démontrés par M. Gabeaud[2] (discontinuité pour $V = A_0$ et point anguleux pour $V = 2A_0$) correspondent au même phénomène physique.

Nous avons pensé qu'il pouvait être intéressant d'insister sur ce point.

2° M. Gabeaud démontre que $u = W = \frac{V}{2}$ en s'appuyant sur une formule de M. Karman qui exprime qu'au moment où un tourbillon se détache, les éléments qui le composent et qui sont au contact du projectile sont animés de la même vitesse que le projectile. Par rapport à des axes de direction fixe et liés au centre du tourbillon, la vitesse de ces éléments est ωr telle que $\omega r + u = V$, d'où $\omega r = \frac{V}{2}$ si r est la distance de ces éléments au centre du tourbillon.

3° Ceci posé, comme la circulation d'un tourbillon est transmise au fluide environnant avec la vitesse du son dans le fluide au repos, l'obus ne la recevra que si $V < A_0$. Or, si $V = A_0 - \varepsilon$, le projectile reçoit au moins la moitié centrale des circulations des anneaux tourbillons. Pour $V = A_0 + \varepsilon$ il ne reçoit plus rien. D'où la discontinuité constatée pour $V = A_0$.

4° Pour $V > A_0$ les circulations ont atteint à un instant donné des surfaces qui admettent une enveloppe conique ayant pour base le culot du projectile. Dans le volume limité par cette enveloppe, la pression est la même dans chaque section droite, car elle ne peut se propager dans la direction du culot puisque $V > A_0$. La pression sur le culot sera donc celle qui règne à la périphérie du tourbillon qui se détache du projectile. Or, sa pression s'annule lorsque $\omega r = A_0$, c'est-à-dire pour $V = 2A_0$. C'est pourquoi on observe le vide pour $V = 2A_0$.

---

(1) Séance du 7 septembre 1931.

(2) *Sur la résistance de l'air aux vitesses balistiques* (*Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1630).

5° D'autre part, pour $V > A_0$, le tourbillon qui se détache du projectile possède, au moins en un point, une vitesse par rapport au milieu extérieur supérieure à A_0. Il y aura donc une discontinuité. Il se formera une onde balistique de culot dont les photographies posées des projectiles ont souvent montré l'existence.

6° Enfin, pour $V > 2A_0$, si la pression sur les parois arrière de l'obus était P'_0 (différent de P_0 et de O), la résistance de l'air se composerait de deux fonctions, l'une de $\frac{V}{A_0}$ et l'autre de $\frac{V}{A'_0}$, selon le théorème démontré par M. Langevin, appliqué à l'avant puis à l'arrière; tandis que l'énoncé de ce théorème exprime que la résistance totale de l'air ne peut être fonction que de $\frac{V}{A_0}$. D'une autre manière, s'il en était ainsi, la pression P_2 sur le culot serait toujours nulle, mais le travail nécessaire pour faire passer le fluide de l'état $P_0\rho_0$ à l'état $P'_0\rho'_0$ ne pourrait être attribué qu'à la résistance avant puisqu'on a toujours $R = (P_1 - P_2)S$. La résistance avant subirait donc elle aussi un point anguleux pour $V = 2A_0$, ce qui paraît bien improbable.

A notre avis, les phénomènes se passent de la façon suivante : le fluide dans l'état $P_0\rho_0$ est entraîné par le projectile jusqu'à ce que $\omega r = A_0$. La circulation du tourbillon ainsi formé ne pouvant plus croître sans créer une discontinuité, celui-ci se sépare du projectile et le vide se forme sur les parois latérales en arrière du point où $\omega r = A_0$. Le régime tourbillonnaire y est remplacé par une discontinuité.

7° On voit donc que les phénomènes constatés pour $V = A_0$ et $V = 2A_0$ sont de même nature. D'un côté la circulation ne peut se propager à une vitesse supérieure à A_0. De l'autre côté la vitesse des éléments fluides en rotation ne peut dépasser A_0 sans créer une discontinuité.

8° *Conséquence :* On sait expérimentalement que dans le cas $V > 2A_0$ le rétreint de culot n'améliore pas beaucoup les propriétés balistiques des obus, alors que la quantité de mouvement emportée par seconde par les tourbillons est proportionnelle à la section arrière. Ce fait est en accord avec la disparition présumée des dits tourbillons.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le mécanisme de la synthèse des graisses aux dépens des glucides.* Note de M. **P. R. Bohn**, présentée par M. M. Molliard.

Terroine et Bonnet (¹) ont montré que le *Sterigmatocystis nigra*, cultivé sur des milieux de plus en plus riches en glucose, présentait une augmentation parallèle de sa teneur en matières grasses, son azote total ne variant pas sensiblement. Ils ont ainsi pu calculer le rendement de la lipogénèse aux dépens du glucose; il serait d'après ces auteurs d'environ 90 pour 100.

Nous nous sommes proposé dans le présent travail de rechercher s'il y a une relation entre la présence de groupements aldéhydiques ou cétoniques et la facilité de formation des matières grasses.

Nous avons suivi la technique employée par Terroine et Bonnet dans leur étude sur le glucose : le milieu de culture est la solution de Czapek, additionnée de 3 ou de 40 pour 100 d'un sucre cétonique (le lévulose). La récolte est faite le deuxième jour; sur une partie on détermine la composition du mycélium, sur une autre le rendement énergétique brut.

La totalité de nos résultats expérimentaux sera communiquée dans un prochain Mémoire; nous nous bornons maintenant à donner les moyennes de nos valeurs.

Rendement énergétique et composition comparés du Sterigmatocystis nigra, *cultivé sur glucose ou lévulose à 3 et à 40 pour* 100.

(Les valeurs sont exprimées en grammes pour 100g de mycélium sec.)

	Glucose (²).	Lévulose.
Milieu à 3 pour 100 :		
Rendement énergétique	0,58	0,60
Acides gras totaux	3,1	4,57
Insaponifiable	0,31	0,73
Azote	5,5	6,95
Milieu à 40 pour 100 :		
Rendement énergétique	0,525	0,595
Acides gras totaux	13,32	10,15
Insaponifiable	1,16	1,13
Azote	5,61	4,95

(¹) E.-F. Terroine et R. Bonnet, *Formation des matières grasses aux dépens des glucides chez les microorganismes* (*Bull. Soc. Chim. biol.*, 9, 1927, p. 588-595).

(²) Valeurs empruntées à Terroine et Bonnet (*loc. cit.*).

En comparant les chiffres du tableau ci-dessus, on s'aperçoit que le rendement énergétique des cultures sur glucose baisse et que le taux des matières grasses augmente, quand la concentration en sucre passe de 3 à 40 pour 100, mais que l'azote varie extrêmement peu.

Au contraire, avec le lévulose, le rendement énergétique ne varie pas sensiblement quand le taux des matières grasses double, mais l'azote diminue de 2 pour 100.

Nous n'avons plus, comme pour le glucose, une variation en sens inverse des acides gras et de la cellulose, quand la teneur en sucre du milieu passe de 3 à 40 pour 100; et il nous devient impossible de calculer avec exactitude le rendement énergétique de la lipogénèse aux dépens du lévulose.

Conclusions. — 1° Les cultures de *St. nigra* effectuées sur des milieux identiques, mais contenant des quantités variables de lévulose, donnent, comme pour le glucose, un mycélium d'autant plus riche en graisse que la concentration en sucre est plus élevée;

2° Cette augmentation du taux des graisses n'est pas accompagnée d'une diminution correspondante au rendement énergétiqne, mais on ne pent pas affirmer que la formation des matières grasses soit plus facile à partir du sucre cétonique puisque la quantité de protides a diminué, et que, par ce fait, le calcul précis du rendement énergétique de la lipogénèse devient impossible. Cependant on peut présumer que la perte d'énergie au cours de la transformation du lévulose en lipides est extrêmement faible et de même ordre que celle observée dans le cas du glucose.

PHYSIOLOGIE. — *Production d'un syndrome ostéo-dystrophique chez le Cobaye, par déséquilibre minéral de la ration.* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. A. Desgrez.

Dès 1922, Mouriquand et Michel [1] ont observé la production d'un syndrome ostéo-dystrophique — très voisin du syndrome scorbutique — chez le Cobaye recevant une alimentation déséquilibrée, additionnée d'huile de foie de morue, riche cependant en facteur antiscorbutique (vitamine C). Ces faits, confirmés par Bezssonoff [2], tendaient à établir que le syndrome

[1] G. Mouriquand et P. Michel, *C. R. Soc. Biol.*, 76, 1922, p. 1170 et *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 336.

[2] N. Bezssonoff, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 846.

décrit nécessitait pour se produire non seulement un déséquilibre alimentaire, mais encore la présence de l'huile de foie de morue dont l'action diétotoxique propre se manifestait de cette manière.

Il nous a semblé que, dans de tels cas, l'action toxique de l'huile de foie de morue n'apparaissait pas démontrée, l'huile agissant plutôt comme une cause de déséquilibre supplémentaire ; ainsi accentué, le déséquilibre alimentaire suffisait à provoquer les troubles osseux observés. Ces considérations se trouvaient appuyées, d'ailleurs, par nos publications antérieures sur le rôle primordial de l'équilibre alimentaire dans l'utilisation du lactose et du galactose chez le Pigeon [1].

Nous avons donc cherché à reproduire le syndrome ostéo-dystrophique précédemment décrit à l'aide d'un déséquilibre de la ration simple, mais suffisamment accentué, pour en être la cause unique.

Nos travaux, effectués en collaboration avec Mme L. Randoin, sur la constitution d'un régime scorbutigène artificiel bien défini et sur la non-réceptivité du Cobaye aux lésions rachitiques [2], nous ont grandement facilité cette tâche dans la voie d'un déséquilibre minéral, d'ordre phosphocalcique.

Technique. — Nous avons soumis des lots de jeunes Cobayes, pesant de 180 à 300g, à quatre régimes différents à base de peptone, d'amidon de maïs, de levure de bière, de graisse de beurre et de sels minéraux.

Le premier, servant de contrôle, était un régime complet, susceptible d'assurer non seulement l'entretien, mais encore la croissance des sujets le recevant. Le second (régime scorbutigène Randoin-Lecoq) était uniquement dépourvu de vitamine C. Le troisième, suffisamment riche en facteur antiscorbutique, comportait un déséquilibre phospho-calcique accentué (large excès de calcium par rapport au phosphore de la ration). Le quatrième, également déséquilibré du point de vue minéral, comportait en outre la présence d'huile de foie de morue.

La composition de ces régimes est donnée ci-après :

---

(1) Mme L. Randoin et R. Lecoq, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1188, et *C. R. Soc. Biol.*, 101, 1929, p. 355.

(2) Mme L. Randoin et R. Lecoq, *C. R. Soc. Biol.*, 101, 1929, p. 877; *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 732.

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.
Peptone de viande	17	17	17	17
Levure de bière sèche	3	3	3	3
Graisse de beurre	5	5	5	3
Huile de foie de morue	0	0	0	2
Amidon de maïs	64	64	59	59
Chlorure de sodium	1,5	1,5	1,5	1,5
Mélange salin d'Osborne et Mendel	2	2	0	0
Mélange salin Z84 de Pappenheimer	0	0	2,5	2,5
Lactate de calcium	5	5	10	10
Papier filtre	2,5	2,5	2	2
Jus de citron frais (par animal et par jour)	2^{cm^3}	0	2^{cm^3}	2^{cm^3}

Résultats. — Les Cobayes recevant le régime n° 1 se sont normalement développés; d'ailleurs, l'adjonction d'huile de foie de morue à cette ration équilibrée restait sans effet.

Les Cobayes soumis aux régimes n°s 2, 3 et 4, après une légère augmentation de poids, ont ensuite décliné et sont morts entre le quinzième et le trentième jour, la survie étant habituellement en rapport avec le poids initial des animaux.

Le régime n° 2, uniquement privé de vitamine C, provoquait l'apparition d'un scorbut typique, avec hémorragies intestinales et gingivales, hématomes aux articulations des membres, grande friabilité osseuse générale et des dents en particulier. Chez les Cobayes soumis aux régimes n°s 3 et 4, nous avons vu se développer un syndrome ostéo-dystrophique analogue, mais moins complet, avec hémorragies intestinales et état vacuolaire des os (ce dernier apparaissant dès le huitième ou le dixième jour); par contre, les dents nous ont semblé plus résistantes et les hématomes des articulations extrêmement réduits.

Les animaux recevant de l'huile de foie de morue (régime n° 4) se comportaient rigoureusement ainsi que ceux qui n'en recevaient pas.

Conclusions. — I. Le Cobaye réagit électivement aux déséquilibres alimentaires par l'apparition de troubles ostéo-dystrophiques et hémorragiques dont le tableau le plus complet est donné par le scorbut expérimental, dû à l'absence de vitamine C dans la ration.

II. Un état ostéo-dystrophique voisin du scorbut peut être obtenu chez le jeune Cobaye par un déséquilibre minéral important de la ration (d'ordre phospho-calcique), la vitamine C étant cependant donnée en quantité satisfaisante.

III. Cet état ostéo-dystrophique peut, en certains cas, être favorisé par l'adjonction d'huile de foie de morue au régime; mais il semble qu'alors cette huile agisse comme cause de déséquilibre supplémentaire plutôt qu'en vertu de propriétés toxiques propres. D'ailleurs, dans nos expériences, la survie a été la même en présence et en l'absence d'huile de foie de morue.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *L'oxydation des alcools par les ferments acétiques, considérée comme une forme de la respiration cellulaire.* Note de M. **H. Quéré**, présentée par M. Molliard.

L'oxydation des alcools par les bactéries acétifiantes, phénomène désigné généralement sous le nom de fermentation acétique, se rattache en réalité étroitement à la respiration cellulaire [1]. D'une part il existe des bactéries acétifiantes incapables d'agir sur les glucides de quelque façon que ce soit; d'autre part, l'oxydation des alcools est influencée par les corps actifs sur la respiration, mais nullement par les corps actifs sur la fermentation alcoolique dilactique. Nous avons isolé une souche de bactéries acétifiantes, à partir du vin de Bordeaux, caractérisée par des voiles secs, fragiles et légers, se cultivant très bien sur vin pasteurisé additionné de CO^3Ca, de $PO^4H^2NH^4$ et de SO^4Mg. Cette bactérie se rapproche beaucoup de *B. acetigenum* Henneberg. Il est facile d'isoler les bactéries de leur milieu de culture par centrifugation, de les laver, et de les porter dans un milieu de composition chimique définie. L'étude physiologique de cette bactérie a pu être faite par les méthodes manométriques de Warburg.

Il est facile alors de constater qu'en milieu minéral (PO^4KH^2 N/20, par exemple) la consommation en oxygène des bactéries est généralement négligeable; l'addition de glucose ne l'augmente point. Si, au contraire, nous ajoutons un alcool, la consommation en oxygène devient énorme, et atteint un ordre de grandeur de 1^{cm^3} d'O^2 consommé par milligramme sec de bactéries et par heure, à 28° ($I_{O^2} = 1000$). Si l'on se place en anaérobiose, on ne constate aucune action sensible des bactéries sur le glucose.

En comparant les divers alcools, éthylique, propylique, isobutylique, isoamylique, on trouve des consommations en oxygène grossièrement en raison inverse du poids moléculaire de l'alcool considéré. Voici deux expériences où l'on a mesuré les millimètres cubes d'oxygène consommé par centimètre cube de suspension bactérienne, par heure, à 28° :

(1) L. Genevois, *Métabolisme et fonction des cellules*, Paris, Masson, 1931.

P. M.		1.	2.
-	Milieu minéral	0	0
46	Alcool éthylique	692	557
60	Alcool propylique	619	463
74	Alcool isobutylique	468	432
88	Alcool isoamylique	333	308

Le cyanure de potassium inhibe à des concentrations de l'ordre de M/10000 l'oxydation des alcools; par contre, l'acide monobromacétique, qui inhibe la fermentation cellulaire déjà à la concentration M/10000 ([1]), n'a aucune action sur les ferments acétiques, même à la concentration M/100.

La propriété caractéristique de ces bactéries est donc d'oxyder la fonction alcool primaire par un mécanisme analogue au mécanisme de la respiration; cette réaction est la réaction productrice d'énergie de ces bactéries.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Action de divers dérivés halogènes sur la fermentation alcoolique*. Note de M. **P. Cayrol**, présentée par M. M. Molliard.

Une Note précédente ([2]) a décrit l'inhibition spécifique de la fermentation alcoolique par l'acide monobromacétique en solution très étendue ($M.10^{-4}$) et rappelait l'action analogue de l'acide monoiodacétique, découverte par Einar Lundsgaard en 1930 ([3]). Cette inhibition de la fermentation, sans inhibition de la respiration ou de la croissance cellulaire, bien distincte par conséquent d'une action narcotique ou toxique, semble une propriété commune aux acides gras simples monohalogénés en α, et n'a été rencontrée jusqu'ici que chez les acides de ce groupe. En effet j'ai comparé l'action des acides mono, di- et trichloracétique sur la fermentation alcoolique provoquée par la levure de boulanger : l'acide monochloracétique inhibe la fermentation à une concentration $4 10^{-3}$ M, c'est-à-dire à une concentration 40 fois plus élevée que l'acide monobromacétique; les acides di- et trichlorés n'inhibent la fermentation qu'à des concentrations beaucoup plus élevées encore, et en tuant les cellules. L'acide α-bromopropionique,

([1]) J. Cayrol et L. Genevois, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1494.

([2]) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1494.

([3]) *Biochemische Zeitschrift*, **220**, 1930, p. 343.

par contre, inhibe spécifiquement la fermentation à la concentration $M.10^{-3}$; son action est donc plus faible que celle de l'acide monobromacétique.

Les acides monobromosuccinique et dibromosuccinique ont été trouvés sans action. Enfin, une série de corps connus comme hypnotiques, et contenant le groupement

$$-CO-CHBr- \quad \text{ou} \quad -CO-CBr=$$

ont été étudiés : α-bromoisovalérarylurée (bromural) bromodiéthylacétylurée (adaline) acétyladaline (dérivé acétylé du précédent) diéthylchloracétamide (déclonal). Ces corps, en solution saturée, ont une action nulle, aussi bien sur la respiration que sur la fermentation; bromures et bromates en solution $\frac{M}{10}$ sont également inactifs. Scharrer et Claus viennent d'arriver aux mêmes conclusions pour les iodures et les iodates (¹). L'action de l'atome d'halogène dépend donc beaucoup de sa position dans la molécule. Il n'est pas sans intérêt de remarquer que les dérivés actifs sont ceux qui s'hydrolysent à la température ordinaire, et qu'ils sont d'autant plus actifs qu'ils s'hydrolysent plus facilement, si l'on se rapporte aux recherches de Lossen et ses collaborateurs sur l'hydrolyse de ces acides (²).

EMBRYOGÉNIE. — *Les plans d'ébauches de* Discoglossus pictus *Otth. à la fin de la blastula et à la fin de la neurula.* Note de M. **Paul Wintrebert**, présentée par M. Caullery.

Les plans d'ébauches sont une synthèse figurée des processus de déplacement et d'induction cellulaires, observés grâce au procédé des marques colorées (W. Vogt, 1925) dans le cours de l'ontogenèse normale. La planche ci-après indique les résultats acquis chez le Discoglosse (³).

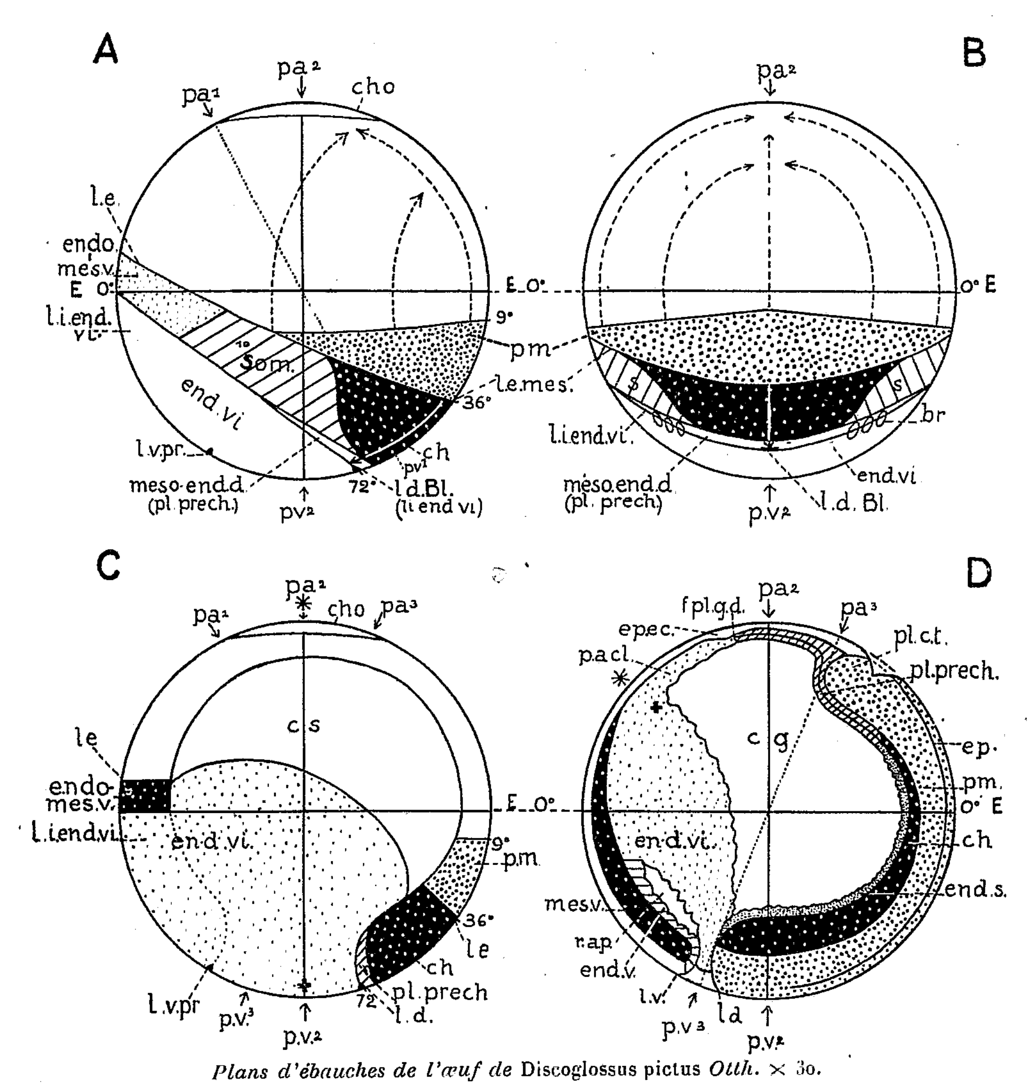
L'axe de l'œuf change deux fois pendant le développement; il reste dans le plan sagittal et le pôle animal empiète chaque fois sur la face dorsale; pa^1-pv^1 est l'axe primitif, celui de l'œuf vierge et celui de l'œuf fécondé avant sa réaction propre; pa^2-pv^2 se substitue à lui après les rotations d'épuration et de régulation (⁴); il est fixé par la segmentation et devient

(¹) *Archiv für Mikrobiologie*, **1**, 1930, p. 1.

(²) *Liebigs Annalen*, **342**, 1905, p. 112.

(³) P. Wintrebert, *C. R. Soc. de Biol.*, **104**, 1930, p. 1229 et 1234; **107**, 1931, p. 1214 et 1443.

(⁴) P. Wintrebert, *Ibid.*, **106**, 1931, p. 724.



Plans d'ébauches de l'œuf de Discoglossus pictus *Otth.* × 30.

Fig. A, B, C. — Fin de la blastula. A, face latérale gauche; B, face dorsale: C, coupe sagittale. Fig. D. — Fin de la neurula, coupe sagittale. Orientation : Pôles : *pa* 1, 2, 3, *pv* 1, 2, 3, pôles animal et végétatif en 3 positions différentes. Axes : pa^1-pv^1, axe de l'œuf au moment de la fécondation; pa^2-pv^2, axe de l'œuf après la rotation de régulation, fixé par la segmentation et devenu l'axe du développement; pa^3-pv^3, axe du têtard après redressement de la chorde; E E. équateur de l'œuf en développement, marqué de o degré; * et + montrent le déplacement respectif des territoires des pôles animal * et végétatif + sur les coupes sagittales, de C à D. Territoires d'ébauches : plaque médullaire, *pm*; — mésoderme : *ch.* chorde dorsale; *som*, somites; *mes. v.* mésoderme ventral : — endo-mésoderme : *meso-end. d*, méso-endoderme dorsal; *pl. prech.*, plaque préchordale ; *endo-mes. v.* endo-mésoderme ventral; — endoderme : *end. v*, endoderme ventral; *end. s.*, endoderme secondaire dorsal; *end. vi*, endoderme vitellin; *br*, ébauche présumée des branchies. — Lèvres du blastopore : *ld, ld Bl*, lèvre dorsale: *lv*, lèvre ventrale; *lvpr*, lèvre ventrale présumée, à la fin de la blastula. — Limites d'enroulement de l'endoderme et du mésoderme des lèvres : *l. e. més.* — Limites d'invagination de l'endoderme vitellin : *l. i. end. vi.* *c. g.*, cavité gastrulaire ou archentéron; *cho*, chorion soulevé au-dessus du plateau supérieur de l'œuf; *cs*, cavité de segmentation; *ep*, épendyme; *ep ec*, épaississement ectodermique; *f. pl. g. d.*, fond du pli gastrulaire dorsal; *p. a. cl.*, partie antérieure de la cloison rupturée qui séparait la fente gastrulaire dorsale de la cavité de segmentation; *pl. c. t.*, pli cérébral transverse; *r. a. p.*, récessus archentérique postérieur. Les courbes en trait pointillé (*fig.* A, B) montrent le mouvement de conversion des parties latérales de la plaque médullaire vers la ligne médiane dorsale.

ainsi l'axe du développement; pa^3-pv^5 est l'axe du têtard constitué après le redressement de la chorde dorsale.

La comparaison des plans d'ébauches du Discoglosse avec ceux des Urodèles (Goerttler, 1925; W. Vogt, 1926 et 1929) et avec ceux de *Bombinator* parmi les Anoures (W. Vogt, 1929) (1) est aisée parce qu'ils sont établis sur le même modèle. Cependant la découverte du pouvoir inducteur précoce des cellules blastuléennes équatoriales (2) introduit l'obligation de marquer la limite présumée d'invagination ventrale de l'endoderme vitellin *L. i. end. vi.*) au-dessous des blastomères, qui, par suite de leur prolifération induite, s'enrouleront à la lèvre ventrale.

Les caractéristiques principales du Discoglosse sont les suivantes : 1. La lèvre dorsale *ld*, très basse, se forme à 18° seulement du pôle végétatif pv^2; elle est ventrale par rapport à pv^1. — 2. Fixe tant qu'elle s'enroule, elle exécute, dès l'enroulement de la lèvre ventrale fixée à son tour, un recul rapide, qui va jusqu'en pv^3, par suite de la croissance du dos. — 3. Toutes les ébauches dorso-latérales proviennent de blastomères vitellins incités à une multiplication active par la force inductrice des cellules équatoriales. — 4. La moitié environ du méso-endoderme latéro-ventral provient aussi d'une prolifération induite (allant jusqu'à *L. i. end. vi.*, fig. A et C) des premiers blastomères sous-équatoriaux. — 5. Les ébauches axiales (dorsales) sont ramassées sous l'équateur sur une aire étroite qui s'étend du 9e au 72e dégré; le territoire présumé de la plaque préchordale est le plus étroit. — 6. La plaque médullaire présumée, *pm*, s'étend trés loin vers le pôle animal après son expansion jusqu'au blastopore; ce mouvement n'a été signalé chez aucun autre Amphibien. — 7. La chorde n'est revêtue que secondairement d'un endoderme, *end. s.*, émané des parois dorso-latérales de l'archentéron. — 8. Le recessus archentérique ventral postérieur, *rap.*, plus profond que chez *Bombinator*, a sa paroi externe tapissée d'un endoderme primaire qui procède directement de l'ectoderme ventral enroulé. — 9. La fente archentérique dorsale se fusionne suivant le type de Schultze (1888) avec la cavité de segmentation, *cs*; la partie antérieure de leur cloison de séparation s'adosse directement après sa rupture à l'ectoderme, en *p. a. cl.*; le fond antérieur du plissement gastrulaire dorsal se place en *f. pl. g. d.*, près de l'axe pa^2-pv^2. — 10. En raison de sa proximité

(1) W. Vogt, *Roux Archiv*, 120, 1929, p. 384-706.

(2) P. Wintrebert, *C. R. Soc. Biol.*, 102, 1929, p. 997; 107, 1931, p. 1214.

de la lèvre dorsale, le pôle végétatif, pv^2, s'invagine plus loin que chez *Pleurodèles* et *Bombinator* et rejoint, dans la région cardio-hépatique, le pôle animal, pa^2, refoulé par l'expansion médullaire.

ÉPIDÉMIOLOGIE. — *Le chacal et le hérisson réservoirs du spirochète marocain*, Sp. hispanicum *var.* marocanum *Nicolle et Anderson*, 1928. Note de M. **P. Delanoë**, présentée par M. F. Mesnil.

Rôle du chacal. — Sur 11 jeunes chacals dont 10 avaient un poids variant entre $1^{kg},100$ et $1^{kg},900$, le onzième pesant $4^{kg},450$, 9 étaient spontanément infectés par le spirochète.

Par contre les deux chacals adultes examinés n'étaient pas en état d'infection. L'un de ces deux chacals avait un sérum doué de propriétés protectrices manifestes et son immunité naturelle était si solide que l'injection péritonéale de 6^{cm^3} de sang de cobaye riche en spirochètes fut sans effet. Le deuxième chacal adulte avait un sérum dépourvu de propriétés préventives, mais son immunité naturelle ne fut pas recherchée.

Le spirochète dans le sang des jeunes chacals est si rare qu'on ne l'observe jamais à l'examen microscopique. Pour manifester sa présence, il faut avoir recours à des injections de sang à des cobayes.

Chez trois jeunes chacals spontanément infectés, une seule fois le sérum s'est montré doué de propriétés préventives; les deux autres fois cette propriété faisait défaut.

La durée de l'infection spontanée a été dans 3 cas de 15, 18 et 20 jours. Mais il est évident que la durée réelle de l'infection a été plus longue puisque, au moment de leur capture, les animaux étaient déjà infectés depuis un temps qu'il nous est impossible d'évaluer.

Il n'y a pas conservation du virus dans les centres nerveux.

Rôle du hérisson. — Velu, Balozet et Zottner (¹), pour avoir constaté des ornithodores infectants dans des terriers de hérissons, ont émis l'hypothèse que cet animal est l'un des réservoirs du spirochète.

Je suis à même de confirmer cette manière de voir. Sur 17 hérissons, 7 se sont montrés spontanément infectés. Les spirochètes sont si rares dans le sang que les examens microscopiques ne donnent rien. Il faut avoir recours

(¹) *Archives de l'Institut Pasteur de Tunis*, 20, 1931, p. 28.

à l'injection de sang à des cobayes. La prise de sang se fait par ponction du cœur.

L'infection naturelle du hérisson est certainement de longue durée. J'ai depuis plus d'un mois deux jeunes hérissons en état d'infection naturelle. Celle-ci d'ailleurs date depuis plus longtemps puisque ces animaux étaient déjà infectés quand ils furent pris.

Le hérisson est si sensible qu'il peut être contaminé par simple instillation dans l'œil d'une goutte de sang infectant.

Mes expériences sont trop récentes pour me permettre de dire si le virus se conserve ou non dans les centres nerveux, mais je peux dès maintenant affirmer que, parmi les hérissons dont le sang ne s'est pas montré infectant, un grand nombre était en état d'immunité telle que celle-ci n'a pu être vaincue même par des injections fortes de virus. Le rôle joué par le hérisson paraît donc être de premier plan.

Il existe dans le Cercle des Doukkala une autre espèce d'insectivore, une musaraigne sauvage : *Macroscelides rozeti* Duvernoy 1832, var. *deserti* Thomas. Cet animal paraît ne jouer aucun rôle dans la propagation du spirochète. Nous avons en vain inoculé à des cobayes le sang du cœur et le produit de broyage des centres nerveux de 15 musaraignes.

Conclusions. — Ainsi le porc-épic [1] et le merion [2] (rongeurs), le renard [3] et le chacal (carnivores), le hérisson (insectivore) sont à même d'être des vecteurs du spirochète marocain. Cette multiplicité d'espèces animales susceptibles d'héberger le virus tient évidemment à ce fait que l'ornithodore manque absolument de spécificité dans son parasitisme. Cette tique peut se rencontrer sur les animaux les plus divers.

La formule du réservoir de virus est-elle la même pour toutes les parties du Maroc ? Je me garderai de l'affirmer. Il est possible que, dans d'autres régions, cette formule se simplifie ou se complique suivant que certaines espèces animales étudiées par moi manquent ou que des espèces nouvelles entrent en jeu. C'est ainsi que, dans la région de la forêt de la Mamora où pullulent des lapins, il ne serait pas impossible de trouver des ornithodores infectants dans les terriers de ces animaux, car les lapins nouveau-nés sont suffisamment sensibles pour jouer le rôle de réservoir de virus. Dans la région d'El Borouj, où les chats sauvages sont si nombreux, les chats nou-

---

(1) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1481.
(2) *Ibid.*, 192, 1931, p. 859.
(3) *Ibid.*, 192, 1931, p. 116.

veau-nés pourraient eux aussi être spontanément infectés car, si le chat adulte est très peu sensible (Remlinger et Bailly [1]), le chat nouveau-né, ainsi que j'ai pu m'en assurer, prend une fièvre récurrente typique avec de très nombreux parasites dans le sang. Dans la région de Mogador et d'Agadir, il existe un rat palmiste, *Xerus erythropus* E. Geoffroy, dont le rôle mérite d'être élucidé. Il est possible que ce rongeur soit un vecteur de virus. Il y a donc encore bien des recherches à entreprendre et je n'ai pas la prétention d'avoir épuisé le sujet. Il n'en est pas moins vrai qu'il est désormais nettement établi que la conservation du spirochète est si largement assurée dans la nature que ce serait folie que de vouloir l'y détruire.

La séance est levée à 15h10m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 8 juin 1931.)

Note de M. *Paul Pascal* et Mlle *Bernheim*, Étude d'un mode de transformation de la cyanamide calcique en cyanure :

Page 1425, à la suite du titre, *lire :* Note de M. Paul Pascal et Mlle Geneviève Bernheim.

(Séance du 22 juin 1931.)

Note de Mlle *Geneviève* [et non *Germaine*] *Bernheim*, Préparation des cyanamides des métaux alcalino-terreux et terreux :

Page 1648, ligne 2, *au lieu de* 15 août 1920, *lire* 4e série, t. 45, 1929, p. 699.

---

[1] *Bulletin de la Société de Pathologie exotique*, 22, 1929, p. 831.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 SEPTEMBRE 1931.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Odon de Buen**, délégué du Gouvernement espagnol au Congrès international de Géographie, et à M. **Constantin D. Zenghelis**, Membre de l'Académie d'Athènes, qui assistent à la séance.

ÉLECTROPHYSIOLOGIE. — *La mesure des grandes chronaxies (à propos d'une Note de M. Bourguignon).* Note de M. **Louis Lapicque**.

M. Bourguignon a publié ici (¹) une Note intéressante sur la chronaxie vestibulaire en relation avec certains états pathologiques et avec l'émotivité. Mais, les valeurs observées étant de l'ordre de la seconde, l'auteur a cru devoir publier ensuite, sur la technique de la mesure des chronaxies en pareil cas, une Note (²) que je ne puis me dispenser de critiquer.

En réalité cette mesure ne présente aucune difficulté, et c'est pourquoi je n'ai pas pris la peine de la décrire spécialement. Un rhéotome donnant des passages de courant réglables à volonté dans cet ordre de durée est une banalité. Le classique pendule de Helmholtz, insuffisant pour les petites chronaxies, répond au contraire fort bien à ce besoin quand on l'a réglé dans ce but. A défaut de cet appareil, une approximation assez lâche, au vingtième par exemple, étant ici généralement suffisante, n'importe quel

(¹) G. Bourguignon, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 250.
(²) G. Bourguignon, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 366.

laboratoire de Physiologie permet d'improviser le dispositif nécessaire; par exemple, au moyen d'un pendule ou d'un appareil à chute sommairement construit, d'un phonographe sur un disque duquel on pose deux taquets, d'un cylindre enregistreur muni de la roue à goupilles de Marey, on peut fermer ou ouvrir deux contacts avec un intervalle de temps réglé et contrôlé par la méthode graphique, avec des instruments usuels, tels qu'un signal de Marcel Desprez et un chronographe au centième de seconde. Dès mes premières recherches, à Arcachon, en 1903, j'ai utilisé un dispositif de ce genre (1).

Plus récemment, j'ai trouvé commode un dispositif de fortune sur le cylindre à cames que j'ai constitué il y a une vingtaine d'années pour l'étude des excitabilités itératives et qui, aujourd'hui, est mis dans le commerce par plusieurs constructeurs.

Ce dispositif a été décrit incidemment à propos d'expériences faites avec M. Laugier en 1927 (2).

Il pourrait être utile d'avoir un appareil spécialement construit pour donner des passages de courant réglables du dixième de seconde à quelques secondes; on peut le concevoir de diverses manières et on l'obtiendrait facilement du premier constructeur venu.

M. Bourguignon a préféré recourir au calcul, en extrapolant à partir de deux déterminations de seuil pour deux durées plus courtes que la chronaxie. Ceci est légitime en principe, et l'on pourrait ainsi obtenir d'assez bons résultats, maintenant que nous connaissons bien la relation entre l'intensité liminaire et la durée de l'excitation; j'ai donné de cette relation une expression algébrique, calculable numériquement sans difficulté mathématique avec toute la précision des meilleures expériences (3). Mais M. Bourguignon, qui admet expressément que la relation en question s'écarte notablement de la formule hyperbolique donnée en première approximation par Hoorweg puis par Weiss, ne fait usage, pour son calcul, que de cette formule proclamée fausse, tout en déplorant les erreurs qui en découlent. Finalement il se félicite d'obtenir ainsi ses grandes chronaxies à 10 ou 20 pour 100 près dans les cas les plus favorables.

Une telle imprécision, je le reconnais, n'invalide pas les résultats patho-

(1) L. et M. Lapicque, *Journ. de Physiologie et de Pathologie gén.*, 5, 1903, p. 855.

(2) L. Lapicque et H. Laugier, *C. R. de la Soc. de Biologie*, 96, 1927, p. 616.

(3) L. Lapicque, *L'excitabilité en fonction du temps*, Paris, 1926, p. 214.

logiques et physiologiques exposés dans la première Note; mais je ne puis la laisser poser comme « très acceptable » en conclusion d'une Note intitulée *Technique de la mesure des grandes chronaxies*.

Il n'y a aucune raison de ne pas mesurer les grandes chronaxies avec la même technique que les petites, et avec la même précision relative.

CORRESPONDANCE.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur la périodicité conditionnelle au voisinage d'un point d'équilibre stable*. Note de M. **Lucien Féraud**, transmise par M. Élie Cartan.

Soit (S) un système analytiquement équivalent, pour ξ, η suffisamment petits, à

$$\frac{d\xi_i}{dt} = \xi_i M_i, \qquad \frac{d\eta_i}{dt} = -\eta_i M_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, s).$$

Les M_i sont des séries de puissances par rapport aux produits $\pi_i = \xi_i \eta_i$ et leurs termes constants sont des imaginaires pures λ_i entre lesquelles il n'existe aucune relation de commensurabilité $\Sigma p_i \lambda_i = 0$ (avec des p_i non tous nuls); ces séries sont de plus convergentes au voisinage de l'origine. La périodicité des solutions de (S) dépend seulement de s des constantes d'intégration : les valeurs initiales des π, que nous considérerons comme les coordonnées d'un point dans un espace réel à s dimensions.

L'objet de cette Note est l'étude des *points périodiques* Π qui correspondent aux mouvements périodiques; tout mouvement correspondant à un de ces points sera nécessairement périodique.

On obtient une première catégorie de points périodiques en prenant les axes de coordonnées de l'espace π_i : on retrouve ainsi les s familles continues de mouvements portées par les « surfaces invariantes de périodicité » (¹) que nous avons définies dans une Note précédente. En dehors de ces premiers points, la périodicité nécessitera que les M_i soient deux à deux commensurables, c'est-à-dire la rationalité de tous les paramètres directeurs de la droite $\mathbf{OM}$ en représentant par $\mathbf{M}[\mathbf{M}(\Pi)]$ le point de coordonnées M_i.

(¹) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1699.

Ainsi la totalité des mouvements périodiques appartenant au voisinage considéré peut être répartie en un ensemble dénombrable de familles continues.

Nous allons maintenant poursuivre cette étude dans des cas où l'on peut obtenir une *forme normale réduite;* l'intérêt de celle-ci sera par cela même mis en évidence.

La forme réduite la plus simple

$$\frac{d\xi_i}{dt}=\xi_i(\lambda_i+\pi_i), \qquad \frac{d\eta_i}{dt}=-\eta_i(\lambda_i+\pi_i)$$

correspond à un cas classique (¹) dans la théorie de la réduction de (S) à une forme Hamiltonienne : les $M_i-\lambda_i$ sont respectivement divisibles par les π_i (²). La correspondance entre **M** et Π est alors une simple translation et le lieu des points périodiques est un ensemble dénombrable de droites. On obtiendra un lieu de même nature dans un deuxième cas particulier que l'on peut regarder comme une extension du précédent : lorsque les M_i pourront être ramenés à ne contenir que des termes de degré inférieur à deux (par rapport aux π_i). Ce cas a également son intérêt en ce qui concerne la réduction à une forme Hamiltonienne (H). En effet la condition nécessaire pour que l'on puisse arriver (³) à un système (H) : l'existence de constantes c satisfaisant à $\frac{a_{ij}}{a_{ji}}=\frac{c_j}{c_i}$ sera suffisante si l'on suppose les M_i ramenés à $\lambda_i+\Sigma a_{ij}\pi_i(|a_{ij}|\neq 0)$; on passera alors de (S) à (H) par la simple homothétie $\overline{\pi}_j=\pi_j c_j$. Ce deuxième cas particulier diffère seulement du premier en ce que la correspondance entre **M** et Π est une homographie au lieu d'une translation.

La représentation géométrique que nous avons employée met également en évidence la valeur des périodes et leur distribution. Prenons pour fixer les idées le cas $s=2$. Pour les points **M** ayant une abscisse donnée $M_1=c$ les périodes sont toutes des multiples de celle qui correspond au point d'ordonnée nulle et de même abscisse c; on peut d'ailleurs prendre comme abscisse indifféremment π_1 ou π_2. Pour un rayon issu de **O**, une homothétie de rapport entier donnera les points correspondant à des périodes multiples. Sur chacun de ces rayons il y aura un point et un seul correspondant à une

---

(¹) G. D. Birkhoff, *American Journal of Mathematics*, 49, 1, 1927, p. 31.

(²) Le changement de variables qui réduit M_i est alors le suivant : $\overline{\pi}_i=M_i-\lambda_i$.

(³) Par une *non-extended transformation* (G. D. Birkhoff, *American Journal of Mathematics*, *loc. cit.*, p. 30).

période donnée (entre des limites convenables); il en résulte qu'à l'intérieur de chacune de nos familles continues de mouvements périodiques, le point représentatif est caractéristique de la période.

En définitive, toute l'étude des conditions de périodicité et de la distribution des périodes se fait sur les points **M** appartenant au voisinage du point Λ (de coordonnées λ_i). Sur la droite **O**Λ elle-même il n'y a pas de points périodiques [1], pour son voisinage la question va dépendre des propriétés arithmétiques des exposants caractéristiques λ_i. Les résultats qui se rattachent à ce nouveau point de vue seront donnés dans une prochaine Note.

AVIATION. — *Sur les anémogirouettes.*
Note de M. **A. Étévé**, présentée par M. Jouguet.

Pour réaliser le pilotage automatique des avions, on a essayé des appareils chargés d'assurer soit la constance de l'*angle d'attaque*, au moyen de girouettes qui s'orientent dans le vent relatif, soit la constance de la *vitesse relative* en utilisant des anémomètres sensibles aux variations de cette vitesse.

L'auteur s'est servi pendant plus d'un an, en 1910-1911, d'un avion Wright sur lequel il avait disposé un stabilisateur à girouette. En 1914 il a présenté au Concours international de la Sécurité aérienne un avion stabilisé au moyen d'un anémomètre.

Ces stabilisateurs simples donnent des résultats intéressants, mais ils présentent certains inconvénients. En premier lieu il faut leur donner de grandes dimensions en vue d'obtenir une efficacité suffisante. En second lieu ils rendent l'avion sensible à des perturbations qui n'ont aucune influence sur l'avion lui-même, mais qui agissent sur le stabilisateur.

D'autre part il est intéressant de noter qu'une girouette et un anémomètre n'agissent pas toujours de la même façon. Par exemple, dans le cas d'une augmentation simultanée de l'angle d'attaque et de la vitesse du vent, la girouette fait piquer l'avion, tandis que l'anémomètre le fait cabrer. Dans ce cas l'avion démuni de stabilisateur reste fréquemment en ligne de vol, car il est utile de noter que l'augmentation simultanée de

(1) Car nous considérons le cas stable de *type général*.

l'angle d'attaque et de la vitesse ne correspond pas à un régime de vol de l'avion.

Ce sont ces remarques qui ont permis de penseer qu'il serait intéressant de combiner une girouette et un anémomètre de façon que leurs effets se retranchent quand les variations de l'angle d'attaque et de la vitesse sont de même sens et s'ajoutent dans le cas contraire.

Cette combinaison a été rendue possible en utilisant le plan de la girouette comme servo-moteur de l'anémomètre; elle a été nommée anémogirouette.

Dans ces conditions une anémogirouette se compose :

1° D'une girouette constituée par un bras mobile autour d'un axe fixe et qui supporte une surface mobile autour d'un axe compensé. Un dispositif trapézoïdal, déjà préconisé par l'auteur en 1909, permet d'augmenter la sensibilité de la girouette en amplifiant les déplacements de celle-ci;

2° D'un anémomètre, constitué par une surface résistante équilibrée par un ressort dont la tension peut être réglée à volonté. Les déplacements de l'anémomètre agissent directement sur le plan de la girouette mobile autour de son axe compensé.

Il résulte de ccs dispositions que, si la vitesse du vent est constante, l'appareil se comporte comme une simple girouette et s'oriente dans le vent relatif. Par contre, si la direction du vent est constante, les variations de la vitesse du vent provoquent la rotation du plan de la girouette, qui s'oriente à nouveau dans le vent relatif.

Suivant la position de l'anémomètre par rapport à la girouette, les effets des variations de la direction et de la vitesse du vent peuvent s'ajouter ou se retrancher. Conformément aux indications données ci-dessus, on adoptera une disposition permettant l'addition des effets quand les variations sont de sens contraires.

En choisissant convenablement les valeurs des constantes de l'anémomètre, on peut obtenir des rotations du plan de la girouette capables de produire des couples utilisables importants.

En vue d'obtenir confirmation de ces prévisions, des essais d'anémogirouettes ont été exécutés au tunnel aérodynamique du Service des Recherches de l'Aéronautique.

Une girouette, munie de deux surfaces rectangulaires superposées, de 32^{cm} d'envergure et de 4^{cm} de profondeur, était reliée à un anémomètre constitué par un plan carré de 5^{cm} de côté, dont la résistance était équilibrée par un ressort.

Les expériences effectuées dans un vent de 150^{km} à l'heure ont donné les résultats suivants :

1° Une variation de la vitesse du vent égale à 1^{km}, insensible pour un excellent pilote, donne naissance à un couple dépassant 100 grammes-mètre, capable d'assurer la manœuvre du gouvernail de profondeur dans un grand nombre de cas;

2° Une variation de l'angle d'attaque de l'ordre d'un demi-degré produit un couple du même ordre de grandeur (1).

D'autre part il a été vérifié que, dans le cas de variations simultanées de l'incidence et de la vitesse, les effets s'ajoutent et se retranchent, comme il a été prévu.

Enfin, fait important à souligner, l'appareil s'est révélé complètement apériodique; on a constaté en outre qu'il n'y avait qu'une seule position d'équilibre pour chaque vitesse utilisable à bord d'un avion.

Les anémogirouettes ainsi réalisées peuvent donc être utilisées pour le pilotage automatique des avions : elles ont tous les avantages des anémomètres et des girouettes, sans en avoir les inconvénients.

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Essais de cellules photo-électriques en fonction de la fréquence d'illumination.* Note (2) de M. **P. Fourmarier**, présentée par M. Paul Janet.

But. — Le but de ces essais était d'étudier comment une cellule photoélectrique à remplissage gazeux répond à une source d'illumination périodique.

Procédé. — Le dispositif d'essai comportait deux parties distinctes :

1° *La source périodiquement variable.* — Une lanterne projetait sur un écran l'image de fentes rectangulaires découpées dans un disque pouvant tourner jusqu'à 6000 tours par minute. L'image de cette fente balayait trois triangles blancs collés sur un écran noir et tels que la distance entre eux soit égale à leur base et à la largeur de la projection de la fente. L'onde d'éclairement de la cellule se divise alors en :

Une composante continue ou éclairement moyen;

---

(1) Il est facile d'obtenir des couples plus grands en augmentant la surface de la girouette ou le couple anémométrique.

(2) Séance du 14 septembre 1931.

Une composante alternative très sensiblement sinusoïdale d'amplitude égale à la composante continue.

2° *Le dispositif de mesure des deux composantes du courant photo-électrique :*

a. Composante continue ou courant moyen : un amplificateur à courant continu à deux lampes mesurant cette composante indépendamment de la fréquence.

b. Composante alternative : un amplificateur à résistances à liaison par capacité (trois lampes); on mesurait le courant, produit par un hétérodyne, donnant au galvanomètre inséré dans le circuit de plaque de la détectrice la même déviation que le courant photo-électrique.

Toute erreur due à la courbe d'amplification était ainsi éliminée.

c. Égalité des fréquences : réalisée par résonance dans un circuit accordé couplé avec le circuit de plaque de la dernière lampe.

Résultats. — Les premiers essais ont été effectués sur une cellule Osram à gaz de la *General Electric Co.*, jusqu'à la fréquence de 11000 périodes par seconde.

a. Composante continue. — Cette composante est indépendante de la fréquence.

b. Composante alternative. — 1° Pour les tensions appliquées à la cellule telles que l'ionisation par chocs du gaz atteint une valeur importante, la composante alternative diminue rapidement jusqu'à 5000 périodes par seconde (45 pour 100 de 0 à 5000 pér/sec pour U appliqué : 108 volts), montre un palier bien net entre 5000 et 6000 pér/sec et recommence ensuite à diminuer.

2° Pour les tensions moindres, pour lesquelles l'ionisation par chocs est peu importante, la diminution de cette composante est faible (moins de 10 pour 100 entre 0 et 5000 pér/sec pour U appliqué : 54 volts).

3° Les courbes, pour différentes tensions, de cette composante en fonction de la fréquence, semblent tendre vers une courbe commune aux fréquences élevées. Ce serait l'horizontale obtenue pour une tension où l'ionisation par chocs est pratiquement nulle (palier horizontal de la courbe du courant en fonction de la tension, à fréquence constante pour $U = 12$ volts environ).

Ces résultats s'expliquent qualitativement par le fait que l'ionisation par chocs n'est pas un phénomène instantané mais cumulatif; en revanche, l'émission des électrons primaires peut être considérée comme instantanée. Pour des tensions faibles, le courant photo-électrique, constitué presque uniquement par le courant photo-électrique primaire, suit fidèlement les

variations d'illumination; pour des tensions élevées, l'ionisation par chocs n'est pas assez rapide pour suivre instantanément les fluctuations de l'intensité lumineuse.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Mesures des constantes de propagation d'une ligne aérienne avec retour par le sol en fonction de la fréquence.* Note [1] de M. **J. Fallou**, présentée par M. Paul Janet.

Dans une précédente Note [2], nous avons indiqué qu'en décomposant en chaque point d'une ligne les courants et les tensions en leurs composantes symétriques, chacun des systèmes composant direct, inverse et homopolaire est représenté avec une approximation généralement suffisante par une équation classique de propagation, et met en jeu une vitesse de propagation, une impédance caractéristique et une constante d'affaiblissement bien définies.

Pour les systèmes direct et inverse, la prédétermination des constantes de propagation, d'après les dimensions de la ligne, ne présente aucune difficulté, mais il n'en est pas de même pour les paramètres du système homopolaire, puisque dans ce système les courants reviennent par la terre. On pourrait les déduire des formules de Carson [3] qui fournissent les paramètres de propagation le long d'un circuit constitué par un conducteur aérien et par le sol, ainsi que la mutuelle inductance entre ce conducteur et un conducteur parallèle. Mais les formules de Carson-Pollaczek que l'on a cherché à contrôler par des mesures directes de mutuelle inductance pour des courants de fréquence variant entre $16^2/_3$ et 2000 p : sec se sont souvent révélées comme étant incorrectes. On a attribué à la non-homogénéité de la terre ces divergences entre la théorie et les expériences, et constaté que les formules deviennent parfois applicables à condition d'attribuer à la conductibilité du sol une valeur inversement proportionnelle à la racine carrée de la fréquence.

Nous avons donc cherché à mesurer la vitesse de propagation, l'impédance caractéristique et la constante d'atténuation d'une ligne triphasée, pour un système homopolaire de courants, et pour une gamme de fréquence

---

(1) Séance du 14 septembre 1931.

(2) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 395.

(3) J. R. Carson, *The Bill System Technical Journal*, 5, 1926, p. 539.

aussi large que possible; les trois conducteurs étaient reliés entre eux aux deux extrémités, et une source de courant monophasé à fréquence variable était branchée entre ces conducteurs et le sol. La ligne qui a servi aux essais est l'artère triphasée à 220000 volts installée entre Paris et Orléans. La longueur de cette ligne est $112^{km},2$, et elle surplombe sur tout son parcours les terrains tertiaires de la région parisienne et de la Beauce.

La plupart des expériences ont été effectuées de manière à ramener les mesures à celles d'impédances apparentes par des méthodes de comparaison. Une première méthode consistait à faire varier la fréquence de la source, de manière à la mettre successivement en résonance sur ses différents harmoniques pairs ou impairs (l'extrémité étant mise à la terre ou isolée).

Une autre méthode consistait à disposer à l'extrémité réceptrice de la ligne une impédance que l'on faisait varier jusqu'à ce que l'impédance apparente, mesurée à l'origine, fût égale à l'impédance réceptrice; ces conditions étant réalisées, on mesurait le rapport des valeurs efficaces des courants à l'origine et à l'extrémité. Une troisième méthode consistait à mesurer pour une même fréquence les impédances apparentes de la ligne à l'origine, l'extrémité réceptrice étant d'abord isolée puis reliée au sol; la moyenne algébrique des deux résultats donne la valeur de l'impédance caractéristique. Enfin, une quatrième méthode consistait à relever à l'oscillographe le régime d'oscillation libre de la ligne, et à étudier les dernières pseudopériodes dénuées d'harmoniques de la courbe enregistrée; dans ce dernier cas, l'étude en fonction de la fréquence nécessitait de faire varier la longueur de la ligne en la tronçonnant successivement.

Les résultats des expériences ont été comparés à ceux que permettent de calculer les formules de Carson soit dans l'hypothèse d'une conductibilité du sol constante, soit en supposant que cette conductibilité varie en raison inverse de la racine carrée de la fréquence; dans les deux cas, on a pris comme conductibilité du sol à 50 p: sec la valeur $\sigma = 3.10^{-13}$ C. G. S. qui, introduite dans les formules de Carson, donnent bien la valeur de l'inductance linéique mesurée directement. La comparaison de ces résultats conduit aux conclusions suivantes :

1° En ce qui concerne l'impédance caractéristique, la courbe calculée en supposant σ constant suit une loi tout à fait comparable à celle de la courbe expérimentale, l'écart moyen étant de l'ordre de 3 pour 100 et l'écart maximum inférieur à 5 pour 100. Au contraire, la courbe calculée en donnant à σ des valeurs inversement proportionnelles à la racine carrée de la fréquence présente une pente tout à fait insuffisante; pour des fréquences

dépassant 500000 p : s, elle serait encore fort loin d'atteindre la valeur asymptotique que la courbe expérimentale atteint aux environs de 70 à 80000 p : s.

2° En ce qui concerne la résistance linéique, la conclusion est encore plus frappante : la courbe calculée avec σ constant se confond très sensiblement avec la courbe expérimentale, tandis que la courbe calculée avec σ inversement proportionnel à la racine carrée de la fréquence présente un coefficient angulaire beaucoup trop élevé; cette dernière courbe conduirait à supposer que la résistance apparente croît proportionnellement à la fréquence, tandis que l'expérience montre que cette résistance n'augmente que suivant la puissance 0,8 de la fréquence. L'écart maximum observé entre cette courbe et les valeurs mesurées atteint déjà 100 pour 100 à la fréquence de 40000 p : s.

Les formules de Carson se trouvent donc vérifiées avec une approximation très satisfaisante au cours de ces expériences, c'est-à-dire pour une ligne établie dans une région de plaines et pour des fréquences comprises entre 500 et 100000 p : s. Le cas étudié est évidemment trop particulier pour qu'il soit permis d'en généraliser les conclusions; on peut néanmoins en déduire que le procédé empirique, consistant à introduire dans les formules de Carson une valeur de σ inversement proportionnelle à la racine carrée de la fréquence, est capable de conduire à des résultats grossièrement erronés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques réactions de certains dérivés barbituriques* (*véronal*, *dial*, *gardénal*, etc.). Note de MM. **J. Bougault** et **J. Guillou.**

Les dérivés barbituriques ont pris une grande place dans la thérapeutique, mais, malgré leur emploi journalier et les recherches chimiques dont ils ont été l'objet, on ne connaît guère de réactions s'appliquant utilement à leur analyse. Nous citerons cependant un travail de M. Isnard ([1]), qui, dans l'examen de la pureté du dial (diallylmalonylurée), a tiré un bon parti de la détermination de l'indice d'iode, sans toutefois donner de renseignements sur le composé qui prend naissance dans la réaction.

En étudiant l'action de l'iode et du brome en milieu alcalin, sur ces

---

([1]) *Journ. Pharm. et Chim.*, 7e série, **29**, 1924, p. 277.

composés, nous avons observé quelques faits nouveaux qui nous semblent intéressants aussi bien au point de vue théorique qu'au point de vue de la pratique analytique.

I. Lorsqu'on dissout un dérivé barbiturique dans la solution d'un bicarbonate alcalin, et qu'on y ajoute un excès d'iode, il se forme le plus souvent un précipité cristallisé noirâtre, instable, qui représente sans doute un simple composé d'addition, dissocié même par l'eau, et cédant immédiatement son iode à l'hyposulfite de sodium avec régénération du dérivé barbiturique.

Toutefois, avec certains dérivés non saturés, les allylés en particulier (l'allylmalonylurée, l'allylisopropylmalonylurée, etc.), la réaction observée est différente : la précipitation est plus rapide, plus complète et les nouveaux composés obtenus sont stables. Après purification par lavages avec une solution de bisulfite de sodium et cristallisation dans l'alcool, ils se présentent en cristaux incolores, insolubles dans l'eau et les liqueurs alcalines, solubles dans l'alcool bouillant, peu solubles à froid.

Leur analyse montre qu'ils peuvent être considérés comme formés par l'addition d'une molécule d'acide hypoiodeux suivie de l'élimination d'une molécule d'eau. En partant de l'allylmalonylurée, on arrive à un corps de formule $C^7H^7O^3N^2I$, qui peut être représenté par l'un des deux schémas

```
     ╱NH—CO                                      ╱NH—CO
    ╱      |                                    ╱      |
CO<        CH—CH²—CHI—CH²        ou      CO<        CH—CH²—CH—CH²I.
    ╲      |            |                       ╲      |       |
     ╲N═══C─────────────O                        ╲N═══C────────O
          (I).                                          (II).
```

Les formules proposées se justifient par le fait que ces composés rappellent tout à fait, par leur mode de formation aussi bien que par leurs propriétés générales, les lactones iodées signalées et étudiées par l'un de nous [1]. Comme ces dernières ils ont perdu les propriétés acides des composés dont ils dérivent; d'autre part ils sont susceptibles, par l'action du zinc et de l'acide acétique, de régénérer le dérivé barbiturique primitif.

Pour répondre à ces faits expérimentaux nous supposons, dans l'exemple choisi, que l'hydrogène acide de l'allylmalonylurée s'est porté sur le CO

---

[1] *Comptes rendus*, 139, 1904, p. 864, et 143, 1906, p. 398; *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, 15, 1908, p. 296.

voisin, de façon à créer une sorte d'acide éthylénique en γδ (III)

$$CO\langle\begin{matrix} NH-CO \\ \qquad | \\ \qquad C-CH^2-CH=CH^2. \\ \qquad | \\ N=COH \end{matrix}$$

(III).

Celui-ci, sous l'action de IOH naissant, se comporte alors exactement comme un acide éthylénique en γδ et donne une lactone iodée.

Nous donnons la préférence, pour représenter cette lactone, au schéma (I) par analogie avec les formules acceptées pour les lactones iodées γδ (*loc. cit.*).

Le dial (diallylmalonylurée) donne deux fois la même réaction et le dérivé diiodé qu'il fournit doit être écrit

$$\begin{matrix} N=C & ----- & O \\ | \quad | & & | \\ CO \quad C\langle & CH^2-CHI- & CH^2 \\ & CH^2-CHI- & CH^2 \\ | \quad | & & | \\ N=C & ----- & O \end{matrix}$$

Ces dérivés iodés, comme les lactones iodées, ont des points de fusion mal définis ; ils s'altèrent en effet avant de fondre, dégagent de l'iode, et la température de fusion varie avec le mode de chauffage et sa durée.

Au point de vue analytique, cette réaction présente le grand intérêt d'une séparation complète et rapide des composés allylés, d'avec les composés saturés. Elle se prête également à un bon dosage volumétrique des premiers, par iodométrie.

II. L'action du brome en solution bicarbonatée alcaline est plus complexe.

Avec les dérivés allylés on obtient des lactones bromées tout à fait comparables aux lactones iodées.

Mais, de plus, avec tous les dérivés barbituriques, que les chaînes latérales soient éthyléniques ou saturées, on obtient un précipité cristallisé, souvent légèrement jaunâtre, qui représente un produit de substitution du brome à un hydrogène fixé à l'azote. Les corps obtenus sont tout à fait analogues aux chloramides (1). Ils sont insolubles dans l'eau, peu stables, très oxydants : c'est ainsi qu'additionnés de IK en solution acide, ils déplacent deux atomes

(1) J. Bougault, *Les chloramines (chloramides) de Dakin* (*Journ. Pharm. Chim.*, 7e série, 16, 1917, p. 274).

d'iode, réaction qui peut servir de base à leur dosage ; le dérivé barbiturique initial se trouve, par là, régénéré.

Dans le cas où le dérivé barbiturique, soumis à l'action du brome est allylé (c'est-à-dire non saturé), on obtient à la fois la lactone bromée et la bromamide instable. Lorsqu'on tente de les séparer, on réussit seulement à isoler la lactone bromée, le composé bromé à l'azote se détruit au cours du traitement nécessaire pour la séparation.

GÉOLOGIE. — *Les accidents marginaux de la chaîne calcaire du Rif, au nord de l'Oued Lau.* Note [1] de M. **P. Fallot.**

Ces accidents sont coupés par la cluse de l'O. Lau. En suivant la rivière du Sud-Ouest au Nord-Est, on observe le Flysch largement étendu, qui est interrompu par un contrefort rocheux atteignant l'Oued. La nouvelle route de Talambot le passe, par un petit col, pour redescendre dans une zone cultivée où s'élèvent les douars d'Esla et Judjo, en face de Tagsut [2]. En partie couverte d'éboulis et d'alluvions anciennes, cette zone correspond encore à un vaste affleurement de Flysch entouré et dominé du Sud-Ouest au Nord-Est par un grand cirque rocheux, continuation de l'éperon mentionné plus haut. Ce cirque montre les unités suivantes.

Au Nord-Est Judjo est dominé par un puissant massif calcaire. Celui-ci correspond à un grand pli, dont le front, tourné au Sud-Ouest, retombe en couches verticales et dont l'inclinaison d'axe au Sud-Est est de l'ordre de 25°. Cette inclinaison est inverse de celle du massif calcaire dominant Tagsut. Au point le plus bas du pli transversal qui nait ainsi, l'O. Lau a creusé son lit. Mais si le petit massif dominant Tagsut est simple, la puissante masse de la rive nord se montre doublée. Le sentier suivant le versant gauche de la gorge passe, en effet, sur une mince bande horizontale de Flysch rose écrasé, visible jusqu'en face du confluent de l'O. Talambot, et que l'on peut temporairement considérer comme représentant un synclinal pincé sous le Jurassique du pli couché dont le front domine Judjo.

Un lambeau de Permo-Trias couronne la partie supérieure du massif formé par ce pli couché.

La portion nord et nord-ouest du cirque entourant le Flysch de Judjo

---

(1) Séance du 27 juillet 1931.

(2) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 424.

appartient à un nouvel accident, sous lequel disparaît en direction Nord-Ouest le front du pli couché précité. Ce nouvel accident est formé d'une masse jurassique plongeant à l'Ouest-Sud-Ouest, dont le front semble correspondre à l'éperon rocheux que passe la route. Vu l'allure plongeante de ce pli, l'apparence normale du Flysch de sa couverture dans la vallée de l'O. Tasart nous avait fait supposer à tort en 1930 (1) qu'il s'agissait là d'un flanc de pli droit. On suit la racine, ou tout au moins la trace, de ce pli couché, le long de la haute vallée de l'O. Afersa, sous forme d'une bande de Flysch rose écrasé, localement accompagné d'un peu de Permo-Trias, dont la présence explique le lambeau de cette formation qui couronne le massif dominant Judjo au Nord-Est. Ce pli supérieur semble se subdiviser en deux, une écaille supérieure formant la montagne cotée 1480 faussement dénommée Djemaa el Djaitz-Dj. Damlil, et très mal cartographiée sur la carte française.

Si la portion frontale de ces accidents est facile à définir, la recherche de leurs racines et l'évaluation de leur ampleur sont plus délicates. L'ensemble des montagnes jurassiques s'étend jusqu'à l'est du Dj. Kelty. Le Primaire que j'ai supposé légèrement appuyé contre le Jurassique au sud-est de l'O. Lau semble occuper la même position au nord-ouest de la rivière. Dans sa falaise septentrionale, le Dj. Kelty paraît montrer une superposition normale — et sans répétitions — du Jurassique au Paléozoïque. Les chevauchements marginaux de la chaîne s'enracineraient donc entre l'O. Afersa et le Dj. Kelty et n'offriraient qu'une ampleur de l'ordre de 5 à 6^{km}.

Plus à l'intérieur de la chaîne, du Permo-Trias associé à du Flysch réapparaît à Cisuriah sur un contrefort dominant l'O. Lau. Le régime d'accidents déversés vers le Sud-Ouest a donc dû s'étendre à l'intérieur de la zone calcaire qui mesure, ici, 15^{km} de large, environ.

L'extension des chevauchements marginaux dans cette partie de la chaîne pose la question de leur raccord avec les accidents moins déversés du sud de Tetuan.

Dès le nord du Dj. Kelty, la couverture jurassique est très attaquée par l'érosion, et la zone calcaire se réduit brusquement à 6^{km} de large.

Une coupe rapide, à hauteur de l'O. Taranes, montre une série de hautes collines de Flysch à l'ouest de la chaîne calcaire qui semble buter contre le Nummulitique au droit de la cudia Atba. Mais, au sud de la branche méridio-

(1) A. Marin, M. Blumenthal et P. Fallot, *Observations géologiques sur le nord-ouest du Rif marocain* (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, 30, 1930, p. 501-572).

nale de l'Oued, le Flysch s'appuie bien contre le Jurassique, qui est redressé et forme une ligne de falaises à regard ouest. Au haut des falaises apparaît une bande de Flysch rose et jaune. De position incertaine au Sud, elle se montre vers le Nord comme un synclinal pincé, à peine déversé à l'Ouest, dont le prolongement se dirige vers Yayaden au pied sud-ouest du Dj. Zeitun. A l'Est de cette bande le haut de la chaîne est taillé dans des plis droits de Jurassique provoquant une triple crête méridienne, dont les plus hauts sommets, cotant 1120 et 1250^{m}, dominent directement, à l'Est, les collines de la zone paléozoïque auxquelles les couches jurassiques aboutissent par une descente rapide. Comme ailleurs le contact avec le Primaire montre ici l'effet d'une poussée relative vers l'Ouest, avec, vers Idinene, un anticlinal déversé de Permo-Trias. Selon la transversale de la cote 1250, la chaîne calcaire mesure 4 à 5^{km} de large.

Vers le Nord, on suit à l'œil le raccord normal de ce tronçon de la zone jurassique avec celui que nous avions étudié en 1930 jusqu'à hauteur du Dj. Zeitun.

Seules des investigations détaillées sur la base du beau $\frac{1}{50000}$ espagnol, qui va paraître, permettront de préciser comment ces plis presque droits passent aux déversements de la région de l'O. Lau et de Xauen. Mais la continuité de la chaîne, vérifiée ici, fait prévoir que ceux-ci ne correspondent qu'à des accidents marginaux et non à des charriages de grand style.

La séance est levée à 15^{h}20^{m}.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 31 août 1931.)

Note de M. *Tournayre*, Sur le calcul des hourdis nervurés en béton armé :

Page 393, ligne 7, *au lieu de* $\zeta = \frac{2}{1-\eta}$, *lire* $\zeta = 2 + \eta$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 SEPTEMBRE 1931.

PRÉSIDENCE DE M. Léon LECORNU.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Sur l'observation de l'éclipse de Lune du 26 septembre 1931 faite en Haute-Provence.* Note de M. **Ernest Esclangon.**

J'ai pu observer l'éclipse en Haute-Provence (à Mison, Basses-Alpes) dans des conditions particulièrement favorables, c'est-à-dire par un ciel d'une pureté exceptionnelle et une atmosphère d'une transparence et d'un calme absolus.

Le caractère le plus frappant qui, dans ces conditions exceptionnelles d'observation, attirait vivement l'attention par sa très grande netteté, était la très forte différence de coloration et d'intensité de l'ombre terrestre projetée sur la Lune, en fonction de la distance au centre de l'ombre.

Durant la phase de totalité, le disque lunaire est resté très dissymétriquement éclairé et coloré; la dissymétrie est lentement variable au cours du phénomène en raison du déplacement du centre de l'ombre par rapport au disque lunaire.

A $19^h 5^m$ (T.M.G.), au début de la totalité, le bord que l'ombre vient de dépasser reste néanmoins, et relativement, assez brillant. La moitié du disque lunaire correspondant à ce bord lui-même beaucoup plus vivement éclairé présente une coloration nettement blanche; l'autre moitié présente une coloration rouge sombre. L'impression caractéristique est la suivante : sur une de ses moitiés (et plus vivement sur le bord), la Lune semble comme éclairée par une source extérieure; sur l'autre moitié (rouge sombre), on a la sensation d'un globe éclairé intérieurement (lanterne vénitienne).

Au moment de la plus grande phase, à $19^h 48^m$, subsiste sur la moitié de la circonférence du disque un liséré blanc en forme de croissant s'étendant, en son milieu, jusqu'à 4 ou 5 minutes du bord. Ce croissant de coloration gris blanchâtre tourne lentement à mesure que progresse le centre de l'ombre par rapport à la Lune. Le reste du disque est rouge sombre.

Les phénomènes se reproduisent en sens inverse jusqu'à la fin de la totalité, à $20^h 30^m$.

Ces observations mettent en évidence l'intérêt de mesures photométriques et colorimétriques précises des éclipses de Lune, en des régions où l'atmosphère est particulièrement pure. De telles observations peuvent conduire à une connaissance plus parfaite des propriétés optiques de l'ombre terrestre, très fortement variables des bords au centre et, peut-être aussi, variables dans le temps.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Le champ électrique au sommet du Puy de Dôme*. Note de MM. **E. Mathias** et **G. Grenet**.

1. L'installation réalisée en 1928, avec les fonds de la Journée Pasteur, sur le plateau d'altitude 1440^m situé au sud-ouest de la Tour (¹). est gênée en hiver par les intempéries, le givre amenant de fréquentes ruptures du fil d'acier tendu entre les deux cabanes. Nous y avons obvié par l'installation d'un électromètre enregistreur Benndorf dans la maison d'habitation, la prise de potentiel étant supportée à 1^m du mur par une perche portée par deux isolateurs en ébonite fortement paraffinés. Le vent assez fort qui règne devant la maison d'habitation rend minimes les causes de perturbation; mais le givre réduit énormément les bonnes journées d'enregistrement en hiver. Cette difficulté est fortement atténuée par le double fait qu'en hiver la variation diurne est simple et fort peu influencée, semble-t-il, par la présence ou l'absence de brouillard.

La qualité de l'enregistrement de nos électromètres Benndorf a été fortement améliorée par la substitution (²) d'un ruban de machine à écrire au ruban de papier *carbone*, le ruban passant, non plus entre le style et la bande de l'enregistreur, mais en dessous de celle-ci; l'impression se produit

(¹) E. Mathias et Ch. Jacquet, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 14.

(²) Préconisée par l'Institut de Physique du Globe de Paris, l'inconvénient du système étant qu'il est difficile d'empêcher l'adhérence du style au ruban.

alors au verso de la feuille, mais le style n'a plus aucun contact avec le ruban gras.

Les mesures du sommet du Puy de Dôme exigeant une double installation d'été et d'hiver, il était absolument nécessaire de comparer les valeurs du champ électrique aux deux installations dont la distance est d'une centaine de mètres et l'exposition très différente. La comparaison a porté sur la journée du 14 août, dont nous utilisons 18 valeurs horaires. Soient a et b les déviations simultanées des deux électromètres respectivement sur le plateau de 1440^m et à la maison d'habitation, on a, le 14 août, de 5^h à 22^h :

	5^h.	6^h.	7^h.	8^h.	9^h.	10^h.	11^h.	12^h.	13^h.
a	13,4	12,3	9,2	11,2	12,0	15,2	13,7	16,4	15,9
b	9,9	8,6	6,4	7,5	8,3	10,9	9,2	12,8	11,4
$\frac{2(a-b)}{a+b}$	0,30	0,35	0,35	0,39	0,36	0,33	0,39	0,25	0,33

	14^h.	15^h.	16^h.	17^h.	18^h.	19^h.	20^h.	21^h.	22^h.
a	18,7	16,4	23,8	19,8	18,0	20,0	21,4	25,6	23,5
b	14,7	12,0	15,3	13,3	13,3	14,7	16,7	19,7	16,9
$\frac{2(a-b)}{a+b}$	0,24	0,31	0,42	0,39	0,30	0,30	0,25	0,26	0,33

La moyenne 0,325 des 18 rapports diffère peu de la moyenne des valeurs extrêmes 0,45 et 0,24. On a donc :

$$\frac{2(a-b)}{a+b} = 0,325 \qquad \text{et} \qquad \frac{a}{b} = 1,388.$$

Le rapport des sensibilités des électromètres étant 2,16 et la prise de potentiel de la station du plateau étant à 1^m,80 du sol, le coefficient de réduction de la station d'hiver au plan d'altitude 1440^m est

$$\frac{2,16 \times 1,388}{1,80} = 1,66.$$

2. *Variation diurne du champ électrique déduite de toutes les valeurs positives.* — Les intempéries ayant réduit beaucoup le nombre des journées d'enregistrement, nous publions les résultats obtenus en raison du petit nombre des observations en montagne. Les résultats sont tous ramenés au champ électrique en volts/mètre sur le plateau de 1440^m.

	1h.	2h.	3h.	4h.	5h.	6h.	7h.	8h.
Hiver...........	121	122	122	130	138	156	153	188
Printemps.......	102	129	107	111	124	122	139	136
Été.............	150	139	122	119	143	124	152	147
Automne........	141	142	133	129	156	141	147	184
Année...........	128,5	135,5	121,0	122,3	140,3	135,8	147,7	163,7

	9h.	10h.	11h.	12h.	13h.	14h.	15h.	16h.
Hiver...........	195	189	199	190	212	218	237	234
Printemps.......	170	183	197	193	190	252	242	263
Été.............	157	150	162	153	161	173	173	168
Automne........	189	183	184	196	196	212	182	192
Année..........	177,7	176,3	185,5	183,0	189,5	213,7	208,5	214,3

	17h.	18h.	19h.	20h.	21h.	22h.	23h.	24h.
Hiver...........	231	216	208	201	176	165	153	134
Printemps.......	205	236	228	246	173	161	142	137
Été.............	168	172	162	166	174	188	171	184
Automne........	193	172	194	195	182	167	162	154
Année..........	199,3	199,0	198,0	202,0	176,3	170,3	157,0	152,2

Moyennes saisonnières : H = 178,7; P = 174,9, E = 157,4, A = 172,0;
Année = 170,7.

L'*hiver* montre une variation du champ *à oscillation simple* avec minimum de 120 v/m très étalé entre 1h, 3h et maximum de 240 v/m à 15h, une sorte de palier vers midi et quelques irrégularités.

Au *printemps*, même allure générale et irrégularités plus prononcées.

En *été*, variation *à 2 maxima et 2 minima* avec beaucoup d'irrégularités. Seuls sont nets un minimum de 120 v/m à 4h et un maximum principal de 185 v/m à 0h. Le maximum secondaire se produit entre 14h et 15h, suivi d'un minimum à 19h.

3. *Variation annuelle déduite de toutes les valeurs positives.* — Les valeurs moyennes mensuelles du champ électrique sont les suivantes :

J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
193,4	161,0	179,4	150,0	151,5	161,9	155,0	156,9	179,5	161,6	»	181,4

Cette variation assez irrégulière laisse distinguer un minimum en été et un maximum en hiver.

4. *Comparaison avec les résultats d'autres stations.* — La variation à oscillation simple observée en hiver (maximum 122 v/m étalé de 0h à 3h, maxi-

mum 237 v/m à 15h) est à rapprocher de celle du Pic du Midi ([1]) pendant la même saison (minimum 75 volts à 3h, maximum 163 volts à 15h). Par contre, elle diffère beaucoup de la variation observée à la surface des océans ([2]), dont l'amplitude est beaucoup plus faible.

La variation annuelle avec minimum en été et maximum en hiver se rapproche de celle obtenue dans la plupart des stations. Par contre, elle ne concorde pas avec celle observée sur deux sommets élevés (Pic du Midi, 2860m et Zugspitzgipfel, 2960m) ([3]) où le champ est maximum en été et minimum en hiver.

BOTANIQUE. — *Sur la descendance du Soleil annuel greffé sur Topinambour.* Note ([4]) de M. Lucien Daniel.

Cette année, j'ai étudié la descendance du Soleil annuel greffé sur Topinambour, dont les épibiotes portaient des capitules géants et présentaient diverses monstruosités dans leurs appareils végétatif ou reproducteur. Sur 100 capitules, j'ai récolté une moyenne de 1735 akènes bien conformés par capitule. Chez quelques-uns d'entre eux, j'ai trouvé des fruits monstrueux soudés par deux (*fig.* 6), plus rarement par trois (*fig.* 5) et au nombre de 7 à 37 suivant les pieds. Les akènes normaux présentaient entre eux des différences de forme et de couleur, selon les capitules et dans un même capitule. Ils étaient aplatis ou bosselés, mousses ou pointus, ovoïdes ou triangulaires, noirs ou gris, uniformes comme couleur ou panachés longitudinalement et de taille variable.

En mars dernier, j'ai semé comparativement sous châssis des fruits monstrueux et des fruits normaux recueillis sur les pieds greffés et des akènes, tous normaux, récoltés sur un témoin. J'ai constaté que les fruits noirs, courts et bosselés, possédaient le maximum de faculté germinative dans tous les cas. Tandis que les germinations fournies par les graines du témoin conservaient les caractères du type, celles qui provenaient des pieds greffés ont fourni quelques variations interessantes. Tous les akènes soudés

([1]) E. Marchand, *Ann. Soc. météor. de France*, 1906, p. 137.

([2]) S. J. Mauchly, *Researches of the Department of Terrestrial Magnetism*, (*Carnegie Institution of Washington*), 5, 1926, p. 387.

([3]) P. Lautner, *Deutsches Meteorologisches Jahrbuch für Bayern*, 1928, München, 1929, p. 1; cité par Kähler, *Met. Zeitschrift*, 46, 1929, p. 409.

([4]) Séance du 21 septembre 1931.

ayant germé ont donné des plantules séparées, montrant que la soudure concernait seulement les fruits. Les plantules étaient moins vertes et de dimensions plus faibles que celles des témoins ou des fruits non soudés récoltés sur les pieds greffés. Ces derniers ont fourni pour la plupart des germinations normales (*fig.* 3), avec deux cotylédons érigés, supportés

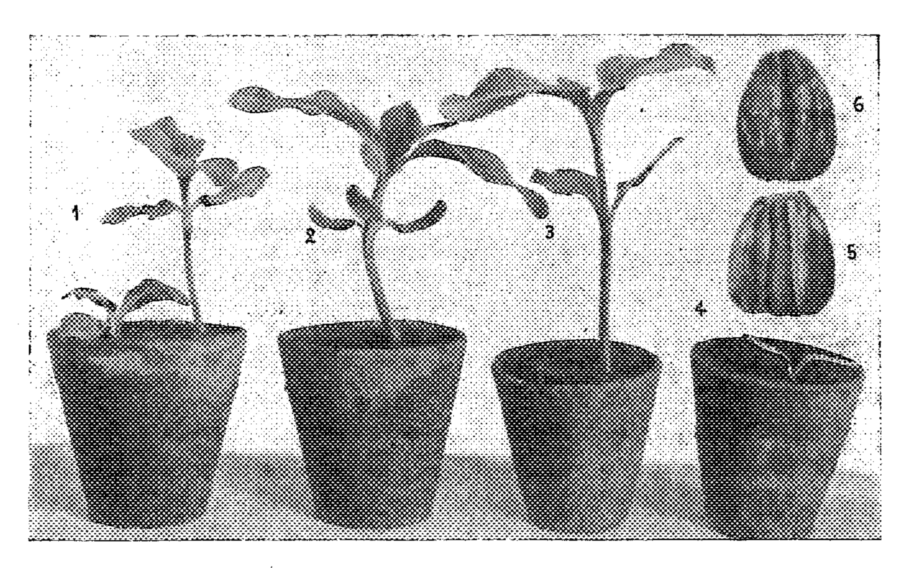


Fig. 1 : Deux germinations de Soleil annuel, l'une normale, l'autre présentant un axe hypocotylé réduit. — Fig. 2 : Germination à cotylédons et feuilles verticillés par trois. — Fig. 3 : Germination normale. — Fig. 4 : Germination dont les cotylédons reposent sur le sol. — Fig. 5 : Akènes monstrueux soudés par trois. — Fig. 6 : Akènes monstrueux soudés par deux.

par un axe hypocotylé assez long. Chez quelques rares exemplaires, l'axe hypocotylé était court et les cotylédons étaient situés à 2 ou 3^{cm} du sol (*fig.* 1). Enfin deux germinations avaient des cotylédons reposant directement sur la terre et un axe hypocotylé rudimentaire (*fig.* 4); la plupart des cotylédons étaient plans; quelques-uns étaient enroulés en cornet, avec leur face supérieure convexe, comme cela arrive quelquefois chez les jeunes plantules de Topinambour.

Les changements les plus remarquables ont porté, très exceptionnellement, sur la phyllotaxie. On sait que le Soleil annuel présente deux cotylédons opposés, puis deux nœuds à feuilles opposées auxquels font suite des feuilles alternes plus ou moins espacées, naissant isolément sur des plans différents. Or, un pied issu d'une graine de Soleil greffé possédait des cotylédons verticillés par trois et deux nœuds également à feuilles verti-

cillées par trois (*fig.* 2). Venaient ensuite des feuilles alternes disposées comme chez les Soleils normaux.

Deux autres germinations avaient des cotylédons opposés; un premier nœud portait deux feuilles opposées, mais le nœud suivant possédait des feuilles verticillées par trois. A partir de là, les feuilles devenaient irrégulièrement alternes, mais, en trois points différents, on observait deux feuilles insérées sur un même plan, faisant entre elles un angle de 120° comme les feuilles verticillées par trois. Cette disposition existait aussi chez des pieds à cotylédons et à feuilles opposées normalement.

J'ai remarqué une attaque très vive des Soleils par les limaces au cours de leur végétation, attaque plus vive vis-à-vis des descendants des types greffés, dont un certain nombre ont manifesté un retour plus ou moins net à la forme primitive comme dimensions des capitules. Malgré les pluies qui ont causé l'avortement d'un assez grand nombre de fruits, j'ai pu en récolter un nombre suffisant sur les pieds à phyllotaxie anormale pour suivre la descendance de ces formes nouvelles au cours de 1932 et voir si elles formeront des races ou seront labiles, comme cela a été le cas chez des tiges à feuilles ternées ou quaternées chez le Topinambour; chose curieuse, en décapitant chez celui-ci des tiges à feuilles verticillées par quatre, j'ai obtenu des pousses de remplacement à feuilles opposées.

Ces faits, rapprochés de ceux que j'ai décrits depuis 1895, montrent que la lutte pour la vie entre les symbiotes peut, en des cas exceptionnels, provoquer des symbiomorphoses chez les associés ou chez leurs descendants. Si l'on se place aux points de vue de la conservation de l'espèce ou de l'individu, on constate que ces variations, selon les cas, sont utiles, nuisibles ou indifférentes.

Si l'on envisage les acquisitions héréditaires par graines ou par multiplication végétative aux points de vue théorique et pratique, elles ont un intérêt considérable, puisqu'elles viennent à l'appui de l'hypothèse de l'hérédité des caractères acquis et font voir que le greffage est, dans ces cas particuliers, un facteur capable d'engendrer des variations nouvelles. De tels résultats ne peuvent surprendre celui qui, constatatant les troubles profonds qu'apporte la symbiose dans la fonction de réserve chez les associés et leur métabolisme, sait que les glucides sont les principaux agents du pléomorphisme chez de nombreuses espèces végétales en voie d'évolution lente ou brusque sous l'action des changements de milieu.

M. **Ch. Lallemand** fait hommage à l'Académie d'un volume intitulé *Conseil international de Recherches. Union géodésique et géophysique internationale. Section de Séismologie. Comptes rendus des séances de la quatrième conférence*, réunie à Stockholm du 14 au 23 août 1930, rédigés par le Secrétaire E. Rothé.

M. **N. E. Nörlund** fait hommage à l'Académie d'une *Notice historique sur les travaux géodésiques et cartographiques effectués au Danemark*.

M. **Auguste Lumière** fait hommage à l'Académie de la deuxième édition de son Ouvrage *Tuberculose. Contagion. Hérédité*.

NOMINATIONS.

M. le **Sous-Secrétaire d'État des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui désigner d'urgence deux de ses membres qui feront partie du *Conseil supérieur du cinématographe*, institué par le décret du 30 août 1931.

MM. **A. d'Arsonval** et **Louis Lumière** sont désignés à l'unanimité.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire général du IXe Congrès international de Chimie pure et appliquée**, qui doit se tenir à Madrid du 3 au 10 avril 1932, adresse le programme de cette réunion.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les Marées des Océans* (en russe), par M. J. Schokalsky. (Transmis par M. Ch. Lallemand.)

2° *Travaux de la deuxième Conférence géodésique* (11-14 avril 1927) (en russe). Sous la rédaction des professeurs J. Schokalsky et A. Mikhailov. (Transmis par M. Ch. Lallemand.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions n-métaharmoniques.* Note [1] de M. M. GHERMANESCO, transmise par M. E. Goursat.

1. Soient $u(x_1, x_2, \ldots, x_p)$, $v(x_1, x_2, \ldots, x_p)$ deux fonctions régulières dans un domaine D, de l'espace à p dimensions, limité par une ou plusieurs hypersurfaces Σ, ayant des dérivées continues jusqu'au $2n^{\text{ième}}$ ordre. En désignant par $\Delta, \Delta^2, \ldots, \Delta^m$ les laplaciens successifs d'une fonction, on a

$$(\Delta^i v\,\Delta^k u - \Delta^i u\,\Delta^k v) - (\Delta^{i+1} v\,\Delta^{k-1} u - \Delta^{i+1} u\,\Delta^{k-1} v)$$
$$= \sum_{j=1}^{p} \frac{\partial}{\partial x_j}\left[\Delta^i v \frac{\partial \Delta^{k-1} u}{\partial x_j} - \Delta^i u \frac{\partial \Delta^{k-1} v}{\partial x_j} - \frac{\partial \Delta^i v}{\partial x_j}\Delta^{k-1} u + \frac{\partial \Delta^i u}{\partial x_j}\Delta^{k-1} v\right].$$

Appliquons la formule de Green aux relations obtenues en donnant à i et k les valeurs $0, 1, \ldots, (n-1)$, $(i+k+n)$ et ajoutons; on trouve la formule

$$(\alpha)\qquad \int_D (v\,\Delta^n u - u\,\Delta^n v)\,d\omega_p + \sum_{i=0}^{n-1}\int_\Sigma\left(\Delta^i v \frac{d\Delta^{n-i-1} u}{d\nu} - \Delta^i u \frac{d\Delta^{n-i-1} v}{d\nu}\right) d\sigma_p = 0,$$

les dérivées normales étant prises suivant la normale intérieure à Σ.

Donnons à n les valeurs $1, 2, \ldots, n$ et ajoutons les relations (α) ainsi obtenues, multipliées respectivement par les constantes $\lambda_n, \lambda_{n-1}, \ldots, \lambda_1, 1$; en désignant par $\varpi_n(\lambda, u)$ l'expression

$$\varpi_n(\lambda, u) = \Delta^n u + \lambda_1 \Delta^{n-1} u + \ldots + \lambda_n u$$

et par

$$(\text{A})\qquad \begin{cases} U_k = \Delta^{n-k} u + \lambda_1 \Delta^{n-k-1} u + \ldots + \lambda_{n-k} u, \\ V_k = \Delta^{n-k} v + \lambda_1 \Delta^{n-k-1} v + \ldots + \lambda_{n-k} v, \end{cases}$$

avec $\lambda_0 = 1$, on a

$$(\beta)\qquad \int_D [v\,\varpi_n(\lambda, u) - u\,\varpi_n(\lambda, v)]\,d\omega_p + \sum_{k=1}^{n}\int_\Sigma\left(\Delta^{k-1} v \frac{dU_k}{d\nu} - \Delta^{k-1} u \frac{dV_k}{d\nu}\right) d\sigma_p = 0.$$

Si u et v sont deux fonctions n-métaharmoniques, c'est-à-dire satisfont à l'équation

$$(1)\qquad \varpi_n(\lambda, z) = 0,$$

[1] Séance du 21 septembre 1931.

l'intégrale de volume disparaît et il reste

$$(\gamma)\qquad \sum_{k=1}^{n}\int_{\Sigma}\left(\Delta^{k-1}v\frac{dU_k}{d\nu}-\Delta^{k-1}u\frac{dV_k}{d\nu}\right)d\sigma_p=0.$$

De même, si l'on suppose $v=1$, u étant n-métaharmonique, on trouve la relation

$$(\delta)\qquad \lambda_n\int_{D}u\,d\omega_p=\int_{\Sigma}\frac{d}{d\nu}(\Delta^{n-1}u+\lambda_1\Delta^{n-2}u+\ldots+\lambda_{n-1}u)\,d\sigma_p,$$

qui caractérise les fonctions n-métaharmoniques et qui peut servir comme point de départ pour une définition plus générale de ces fonctions.

2. Soit r la distance d'un point fixe P à un point quelconque M du domaine D; posons $r^2=4\rho$ et considérons la fonction de Bessel

$$\Phi_1(\lambda\rho)=\mathcal{J}\left(\frac{p}{2},\lambda\rho\right)=\sum_{0}^{\infty}\frac{(\lambda\rho)^m}{m!\,\frac{p}{2}\left(\frac{p}{2}+1\right)\ldots\left(\frac{p}{2}+m-1\right)},$$

qui, avec

$$\Phi_2(\lambda\rho)=(\lambda\rho)^{1-\frac{p}{2}}\mathcal{J}\left(2-\frac{p}{2},\lambda\rho\right),$$

sont, si p est impair, les deux intégrales de l'équation

$$\Delta u=\lambda u,$$

fonctions de la distance r seulement. La fonction

$$(2)\qquad v=C_1\Phi_1(\lambda\rho)+C_2\Phi_2(\lambda\rho)$$

est une intégrale — *solution fondamentale* — de l'équation (1), ayant au point P une discontinuité de même nature que r^{2-p}, si λ est racine de l'équation

$$(3)\qquad X^n+\lambda_1X^{n-1}+\ldots+\lambda_n=0.$$

Les constantes C_1, C_2 permettent d'imposer à v deux conditions locales dont l'une serait celle d'avoir une valeur donnée au point P. Si le domaine D est une hypersphère S, de centre P et de rayon R, on peut déterminer v de manière qu'elle s'annule sur S. On a ainsi les n fonctions

$$(4)\qquad v_i=C_i[\Phi_2(\lambda^i\rho_1)\Phi_1(\lambda^i\rho)-\Phi_1(\lambda^i\rho_1)\Phi_2(\lambda^i\rho)],$$

λ^i étant les racines de l'équrtion (3) et $R^2 = 4\rho_1$. Si p est pair, la fonction φ contient un terme logarithmique (¹).

Ajoutons encore que si l'équation (3) a des racines imaginaires, les fonctions φ_i le sont aussi, ce qui montre que l'équation (1) peut avoir des solutions complexes, s'annulant sur une hypersurface Σ, qui dans notre cas est celle d'une hypersphère, contrairement à ce qu'on a affirmé ailleurs, dans un cas particulier (²).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les familles de fonctions méromorphes de plusieurs variables.* Note (³) de M. **Walter Saxer**, transmise par M. Élie Cartan.

M. Julia a démontré (⁴) que l'ensemble des points où une famille de fonctions holomorphes de plusieurs variables cesse d'être normale possède la même structure que l'ensemble des points singuliers essentiels d'une fonction holomorphe. Je me propose d'étendre les recherches de M. Julia aux familles de fonctions *méromorphes* de plusieurs variables. Pour simplifier l'exposition, je me suis borné aux fonctions de deux variables (x, y).

A l'aide du théorème classique de Weierstrass, on peut démontrer aisément le lemme suivant :

Soit

$$f_1(x, y), \quad f_2(x, y), \quad \ldots, \quad \lim_{n=\infty} f_n(x, y) = f(x, y)$$

une suite de fonctions méromorphes, uniformément convergente dans le domaine

$$\varepsilon < |x - x_0| < r_1, \quad \varepsilon < |y - y_0| < r_2,$$

où ε désigne un nombre arbitrairement petit et r_1, r_2 deux nombres positifs et finis. Si la fonction limite $f(x, y)$ possède au point x_0, y_0 un point singulier non essentiel, les fonctions $f_n(x, y)$, $f_{n+1}(x, y)$, ..., $(n > N$, N un entier fini), ont aussi une singularité non essentielle $x^{(n)}$, $y^{(n)}$ avec

$$\lim_{n=\infty} x^{(n)} = x_0, \quad \lim_{n=\infty} y^{(n)} = y_0.$$

(¹) E. Goursat, *Cours d'Analyse*, 2, p. 456.

(²) N. Cioranesco, *Thèse*, Paris, 1929, p. 66.

(³) Séance du 21 septembre 1931.

(⁴) G. Julia, *Sur les familles de fonctions analytiques de plusieurs variables*, (*Acta mathematica*, 47, 1925, p. 53-115).

Nous désignons un tel point (x_0, y_0) comme *point irrégulier non essentiel* de la suite convergente $f_1(x, y)$, $f_2(x, y)$, ..., ou plus généralement de la famille normale, contenant les fonctions $f_1(x, y)$, $f_2(x, y)$, ... Une autre irrégularité qui ne remplit pas les conditions du lemme est nommée *point irrégulier essentiel* de la famille normale.

L'ensemble des points irréguliers essentiels d'une famille normale jouit des mêmes propriétés que l'ensemble des points singuliers essentiels d'une fonction méromorphe, propriétés établies par E. E. Levi (1). En effet, nous démontrerons le théorème suivant :

THÉORÈME FONDAMENTAL. — *Si une famille de fonctions méromorphes autour du point* o, o *est normale en tout point* $x = 0$, y *voisin de* o, *mais possède un point irrégulier essentiel au point* o, o, *on peut trouver, quelque petit que soit le nombre positif* η *donné* a priori, *un nombre positif* ε, *de façon que, à tout* x_0 *de module* $< \varepsilon$, *on puisse faire correspondre un* y_0 *au moins de module* $< \eta$, *tel que le point* x_0, y_0 *soit un point irrégulier essentiel pour la famille donnée.*

Pour la démonstration, on distingue trois cas, suivant que la fonction limite possède en o, o un point régulier, singulier essentiel ou singulier non essentiel. Dans le premier cas, on peut raisonner comme l'a fait M. Julia ; dans le deuxième cas, on peut appliquer le théorème fondamental, analogue à celui de E. E. Levi, et le troisième cas se laisse réduire, à l'aide de notre lemme, au premier cas.

Il est clair qu'on peut tirer de ce théorème tout à fait analogue à ceux de MM. Hartogs, E. E. Levi et G. Julia les mêmes conséquences qui conduisent à une foule de propriétés remarquables concernant l'ensemble des points irréguliers essentiels d'une famille normale de fonctions méromorphes de plusieurs variables.

---

(1) E. E. LEVI, *Studii sui punti singulari essenziali delle funzioni di una o più variabili complesse* (*Annali di Matematica*, 3e série, 17, 1909, p. 61-87); *Sulle ipersuperficie dello spazio a 4 dimensioni che possono essere frontiera del campo di esistenza di una funzione analitica di due variabili complesse* (*Annali di Matematica*, 3e série, 18, 1910, p. 69-79).

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur le mouvement d'un fluide autour d'une cavitation.* Note [1] de M. **Henri Poncin**.

J'ai indiqué [2] les différents mouvements pour lesquels une cavitation formée au sein d'un fluide parfait peut subsister indéfiniment sans altération de forme. Je me propose de donner maintenant quelques résultats relatifs au mouvement du fluide autour d'une cavitation de cette nature. Si $z(z_1)$ réalise la représentation conforme du domaine extérieur à la cavitation sur le demi-plan z_1, il existe, dans les hypothèses faites, une fonction ζ régulière dans un certain domaine du plan z_1 où elle est définie par

$$\zeta(z_1) = \bar{z}(\bar{z}_1). \tag{1}$$

1. Si la rotation d'entraînement ω est de forme $\frac{1}{kt}$ (mouvements $\mathfrak{M}_k$) la vitesse complexe relative aux différents points du fluide est définie par

$$W = i\omega\left[U(z_1)\frac{dz_1}{dz} + \bar{z} - \zeta\right] \tag{2}$$

$$U[2\,dU - U\,d\log z'\zeta']\,dz_1^2 + ki[2U + z\zeta' - \zeta z']\,dz\,d\zeta\,dz_1 + d(z\zeta)\,dz\,d\zeta = 0. \tag{3}$$

L'intégrale générale des mouvements $\mathfrak{M}_k$ dépend ainsi d'une fonction arbitraire caractérisant le profil (L) de la cavitation, et d'une constante caractérisant la vitesse moyenne $\overline{V}$ du fluide. Les domaines correspondant aux différents mouvements possibles sont tracés sur un des feuillets d'une surface de Riemann (Σ) dont les points remarquables sont constitués :

a. Par un ensemble (ξ_1) dépendant de (L), points singuliers de z, de ζ et racines de

$$d(z\zeta) + kiz^2\,d\frac{z}{\zeta} = 0.$$

b. Par un ensemble (ξ_2) dépendant de $\overline{V}$, points de départ d'une ligne de croisement reliant deux feuillets de Σ.

c. Par un ensemble (ξ_3) annulant $U\,dz_1 + [\bar{z} - \zeta]\,dz$, points de départ de coupures infranchissables pour les images des molécules fluides. Une fois construite la surface (Σ) la détermination complète des éléments du

---

[1] Séance du 21 septembre 1931.

[2] *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1197.

mouvement résulte de la variation des diverses branches de $U(z_1)$ le long de chemins directs issus de l'origine et l'on trouve les mouvements acycliques par la résolution d'un problème d'Abel particulier.

2. Si ω est constant [mouvements $\mathfrak{M}_0$] les éléments caractéristiques du mouvement sont explicitement définis par (2) et

$$U^2(z_1, c, 0) = -z'\zeta'[z\zeta + 2c]. \tag{4}$$

La constante c est directement liée à $\overline{V}$. A partir de cette fonction on peut étudier la fonction $U(z_1, c, k)$ correspondant au mouvement $\mathfrak{M}_k$ au moyen du développement convergent

$$U(z_1, c, k) = \sum_{n=0}^{\infty} k^n U_n(z_1 c) \tag{5}$$

dont les coefficients sont successivement déterminés par les équations

$$2\,dU_n - \left[\frac{z'\zeta'}{U_0^2} d(z\zeta) + d\log z'\zeta'\right] U_n + z'\zeta' d(z\zeta) V_n = i\zeta'[\zeta z' - z\zeta'] \left[V_{n-1} - \frac{U_{n-1}}{U_0^2}\right] dz, \tag{6}$$

$$V_n = \sum_{p=2}^{n} \frac{p!}{U_0^{p+1}} \sum_{m_1 \ldots m_q} \frac{(-1)^{m_1+m_2+\ldots+m_q}}{m_1!\,m_2!\ldots m_q!} U_1^{m_1} U_2^{m_2} \ldots U_q^{m_q}, \tag{7}$$

la deuxième sommation étant étendue aux valeurs entières des m_i vérifiant les égalités

$$\Sigma m_q = p, \qquad \Sigma q m_q = n.$$

3. Si ω est nulle [mouvements $\mathfrak{M}_\infty$] les équations du problème s'écrivent

$$dC + kC^2\,dt = 0, \tag{8}$$

$$W = iC(t)\frac{dz_1}{dz} U(z_1), \tag{9}$$

$$2U\,dU - U^2 d\log z'\zeta' + [2kiU + c(z+\zeta)]\zeta'\,dz = 0, \tag{10}$$

et la détermination des domaines correspondants s'effectue comme dans (1).

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Quelques remarques sur la durée de la période solaire actuelle.* Note de M. **H. Mémery.**

On admet généralement que la durée moyenne de la période des taches solaires est de 11^ans^, 1; cette durée a été fixée par divers auteurs et notamment par Wolf (de Zurich) d'après de nombreuses recherches effectuées depuis la découverte des taches du Soleil.

Par suite de cette durée moyenne, on retrouve, d'un siècle à l'autre, sensiblement les mêmes dates pour les époques des maxima et des minima de la période solaire, puisque neuf de ces périodes font exactement un siècle.

Malgré de légères divergences provenant de ce que les observations du Soleil avant la découverte de la période undécennale des taches comportent de nombreuses lacunes, on est à peu près d'accord sur les dates suivantes pour les minima et maxima solaires.

XVIIe siècle.	XVIIIe siècle.	XIXe siècle.	XXe siècle.
	Maxima.		
1605?	1705	1805	1905
1615	1717	1816	1917
1626	1727	1829	1928
1639	1738	1837	1937?
1649	1750	1848	
1660	1761	1860	
1675	1770	1870	
1685	1779	1883	
1693	1788	1893	
	Minima		
1610	1712	1810	1913
1619	1723	1823	1923
1634	1733	1833	1933?
1645	1745	1843	
1655	1755	1856	
1666	1766	1867	
1679	1775	1878	
1689	1784	1889	
1698	1798		1901

En présence de la régularité presque parfaite dans le retour, à la même date d'un siècle à l'autre, de la plupart des périodes solaires, il semble surprenant qu'il existe, au XVIIIe siècle, des différences aussi accusées dans les dates des maxima de 1779 et 1788 et dans celles des minima de 1775 et de 1788, avec un intervalle de 17 ans entre le maximum supposé de 1788 et celui de 1805. Aussi certains auteurs supposent qu'il faut placer un maximum en 1793 correspondant à ceux de 1693 et de 1893.

D'autre part, en rapprochant les dates de certaines saisons extrêmes avec les dates des périodes solaires, on constate que la plupart des saisons chaudes coïncident avec les maxima des taches solaires et, inversement, la plupart des saisons froides coïncident avec les minima des taches. Il semble donc difficile d'admettre que l'été très chaud de 1793 serait survenu lors d'un minimum d'activité solaire. De même, il paraît anormal que le maximum de 1788 corresponde aux minima de 1689 et de 1889. Le problème reste donc ouvert pour de nouvelles recherches.

Le fait le plus curieux de la période solaire actuelle est celui de sa courte durée. Au siècle dernier, on compte bien 10 ans du minimum de 1823 à celui de 1833, mais l'intervalle n'est plus que de 8 ans, c'est-à-dire exceptionnellement court, entre le maximum de 1829 et celui de 1837.

Pour la période actuelle, il semble que cet intervalle sera d'aussi courte durée; en effet, depuis le maximum 1928-1929, la diminution des taches solaires se montre très rapide, comme l'indiquent les chiffres suivants :

Moyennes mensuelles des taches solaires.

	Nombre des taches (1).	Fréquence (2).
En 1928	29	181
En 1929	28	167
En 1930	17	100
En 1931	11	60

Cette diminution importante laisse supposer que le prochain minimum solaire arrivera vraisemblablement en 1933, ou 1934 au plus tard, c'est-à-dire en correspondance avec les minima solaires des XIXe et XVIIIe siècles.

Mais cette correspondance séculaire soulève une autre question des plus importantes : les périodes solaires successives n'étant pas semblables ni en

(1) Chaque tache n'est comptée qu'une fois peudant sa traversée du disque solaire,
(2) Chaque tache est comptée autant de fois que de jours où elle a été visible.

durée, ni en intensité, le retour de ces périodes aux mêmes dates d'un siècle à l'autre laisserait supposer qu'il existe une autre période de 100 ans comprenant 9 périodes undécennales. Si le fait paraît établi, étant donnés les retours périodiques ci-dessus indiqués, l'explication, comme d'ailleurs celle de la période de 11 ans, nous échappe complètement.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la distribution de l'intensité dans les bandes continues du spectre de* H_2. Note de M. **L. Goldstein**, présentée par M. M. de Broglie.

On connaît depuis longtemps le spectre continu qui se superpose dans certaines conditions expérimentales au spectre de l'atome d'hydrogène et au spectre multilinéaire. Si les recherches expérimentales sont assez nombreuses sur ces continua, le calcul théorique de la distribution de l'intensité sur la base de l'hypothèse plausible de Winans et Stueckelberg (1) manquait. On se propose de donner dans cette Note le résultat principal d'une étude théorique de ce problème, les détails et les discussions de l'accord avec l'expérience ayant été réservés pour une publication ultérieure.

L'hypothèse qui rend compte de l'origine du spectre continu moléculaire de l'hydrogène consiste à attribuer l'émission du spectre à des transitions depuis des niveaux triplets vers l'état triplet fondamental $1^3\Sigma$ instable. Il est clair qu'en vertu des règles de sélection pour le nombre quantique Λ (projection du moment résultant électronique L sur l'axe nucléaire) tous les niveaux $N^3\Sigma(\Lambda = 0)$ et $N^3\Pi(\Lambda = 1)$, N désignant le nombre quantique principal de l'électron excité, peuvent donner lieu à des bandes continues. Plus exactement la transition depuis l'un de ces niveaux vers $1^3\Sigma$ détermine un système de bandes continues, vu que l'état initial peut être l'un quelconque des états de vibration nucléaire du niveau électronique considéré. A l'état final l'énergie de la molécule se trouve sous forme d'énergie cinétique de l'un des atomes dans son mouvement par rapport à l'autre. Comme cette énergie peut prendre une suite continue de valeurs, il en résulte que la transition envisagée peut être accompagnée d'une émission de radiation continue. Ce spectre continu aura une limite du côté des courtes longueurs d'ondes et qui correspond à l'énergie cinétique nulle à l'état final, donc à une transformation totale de l'énergie que la molécule avait à l'état initial

(1) J. G. Winans et E. C. G. Stueckelberg, *Proc. Nat. Acad.*, 14, 1928, p. 867.

en énergie de radiation. Le problème de la netteté de la limite mérite une discussion particulière que nous ne pouvons pas donner ici.

La méthode de calcul appliquée au problème de la distribution de l'intensité dans ces bandes conduit à évaluer une intégrale de la forme

$$\mathfrak{M}_{\varepsilon' n'}^{\varepsilon n} = \int_{-\infty}^{+\infty} \mathrm{H}_{\varepsilon\varepsilon'}(r)\varphi_n(r)\overline{\varphi'_{n'}(r)}\,dr, \tag{1}$$

représentant le moment électrique de la molécule associé à la transition $\varepsilon n \rightarrow \varepsilon' n'$. $\varphi_n(r)$, $\varphi'_{n'}(r)$ ($\overline{\varphi}$ conjugué complexe de φ) désignent les fonctions d'ondes nucléaires à l'état initial et final respectivement. A l'état final, il résulte d'un raisonnement simple sur la forme des fonctions d'ondes sur le seuil de potentiel $1\,^3\Sigma$ qu'il est légitime de décrire le mouvement de l'un des atomes par rapport à l'autre, à l'aide d'une onde plane de de Broglie de la forme e^{ipr} se propageant le long de l'axe nucléaire, p représente la quantité de mouvement de cet atome en unité $\frac{h}{2\pi}$. La fonction d'onde nucléaire à l'état initial est prise comme solution de l'équation d'ondes avec le modèle de Morse (¹) et elle s'écrit

$$\varphi_n(r) = \mathfrak{N}(n)e^{-de^{-a(r-r_e)}}[2de^{-a(r-r_e)}]^{d-n-\frac{1}{2}}\mathrm{F}[-n,\ 2(d-n),\ 2de^{-a(r-r_e)}],$$

$$\mathfrak{N}(n) = \left\{\frac{[2(d-n)]_n}{n!\,[2(d-n-1)]!}\right\}^{\frac{1}{2}}; \qquad u_k = u(u+1)\ldots(u+k-1). \tag{2}$$

$\mathrm{F}(\alpha, \beta, x)$ est une fonction hypergéométrique; d, a et r_e sont des constantes de la molécule qui caractérisent l'état électronique considéré.

L'intégrale contient en outre la fonction $\mathrm{H}(r)$. Elle provient d'une intégration préalable sur les coordonnées électroniques. En réalité elle est inconnue, parce qu'on ignore les fonctions d'ondes électroniques du problème. On peut alors approximativement considérer H comme une constante et réduire l'intégration sur le produit des fonctions d'ondes nucléaires à l'état initial et final. Cette façon d'opérer, qui est la seule avec les moyens théoriques actuels, est celle qui se présente dans tous calculs d'intensité de bandes continues ou non continues et en montre le caractère *essentiellement approximatif*.

On aura donc à la place de (1)

$$\mathfrak{M}_{\varepsilon' n'}^{\varepsilon n} \sim \mathrm{C}\int_{-\infty}^{+\infty} \varphi_n(r)\overline{\varphi'_{n'}(r)}\,dr \tag{1'}$$

(¹) P. M. Morse, *Phys. Rev.*, 34, 1929, p. 57.

où, remplaçant les fonctions d'ondes par leurs valeurs indiquées, il vient

$$(3)\qquad \frac{\mathfrak{M}^{\varepsilon n}_{\varepsilon' p(\pm\Delta p)}}{C} = \tilde{\mathfrak{M}}^{\varepsilon n}_{\varepsilon' p(\pm\Delta p)} \sim \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-ipr}\, \mathfrak{N}(n)\, e^{-de^{-a(r-r_e)}} \left(2d\, e^{-a(r-r_e)}\right)^{d-n-\frac{1}{2}} F\, dr.$$

Posant

$$2de^{-a(r-r_e)} = \rho,$$

on trouve

$$\tilde{\mathfrak{M}}^{\varepsilon n}_{\varepsilon' p(\pm\Delta p)} \sim \frac{1}{a} \frac{e^{-ipr_e}}{(2d)^{\frac{ip}{a}}} \mathfrak{N}(n) \int_0^{\infty} e^{-\frac{\rho}{2}} \rho^{d-n-\frac{3}{2}+\frac{ip}{a}} F[-n,\, 2(d-n),\, \rho]\, d\rho$$

qui donne immédiatement, tenant compte de ce que

$$F[-n,\, 2(d-n),\, \rho] = \sum (-1)^{\lambda} \binom{n}{\lambda} \frac{\rho^{\lambda}}{[2(d-n)]_{\lambda}},$$

$$(4)\qquad \tilde{\mathfrak{M}}^{\varepsilon n}_{\varepsilon' p(\pm\Delta p)} \sim \frac{\mathfrak{N}(n)}{a} \frac{e^{-ipr_e}}{(2d)^{\frac{ip}{a}}} \sum (-1)^{\lambda} \binom{n}{\lambda} \frac{2^{d+\lambda-n-\frac{1}{2}+\frac{ip}{a}}}{[2(d-n)]_{\lambda}} \Gamma\left(d-n-\frac{1}{2}+\lambda+\frac{ip}{a}\right)$$

et l'intensité de la radiation de fréquence ν (à $\Delta\nu$ près) sera proportionnelle à

$$\tilde{I}^{\varepsilon n}_{\varepsilon' p(\pm\Delta p)}\, d\nu = \frac{(2\pi\nu)^4}{3c^3} \frac{[2(d-n)]n}{n!\,[2(d-n-1)]!} \times \sum \binom{n}{\lambda}^2 \frac{2^{2(d+\lambda-n)-1}}{[2(d-n)]^2_{\lambda}} \left| \Gamma\left(d-n-\frac{1}{2}+\lambda+\frac{ip}{a}\right) \right|^2;$$

or

$$(5)\qquad \Gamma(x+iy) = \Gamma(x)\, e^{-\frac{1}{2}\sum\limits_{k=0}^{\infty} \log\left(1+\frac{y^2}{(x+k)^2}\right)} \qquad [\mathcal{R}(x)>0,\ \mathcal{R}(y)>0];$$

donc, finalement,

$$(6)\qquad \tilde{I}^{\varepsilon n}_{\varepsilon' p(\pm\Delta p)}\, d\nu = \frac{(2\pi\nu)^4}{3c^3} \frac{[2(d-n)]n}{a^2\, n!\,[2(d-n-1)]!} \sum \binom{n}{\lambda}^2 \frac{2^{2(d+\lambda-n)-1}}{[2(d-n)]^2_{\lambda}} \times \left[\Gamma\left(d+\lambda-n-\frac{1}{2}\right)\right]^2 e^{-\sum\limits_{k=0}^{\infty} \log\left[1+\frac{\left(\frac{p}{a}\right)^2}{\left(d+\lambda+n-\frac{1}{2}+k\right)^2}\right]},$$

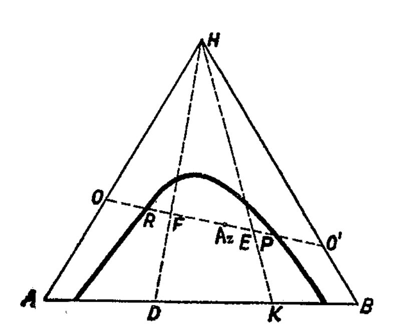
qui donne l'intensité approchée de la radiation qui accompagne une transition depuis l'état électronique, caractérisé par a, d et r_e et l'état de vibration n vers l'état $\varepsilon(1\,{}^3\Sigma)$ et où l'un des atomes possède, dans son mouvement par rapport à l'autre, l'énergie cinétique $\frac{p^2}{2\mu}$ (μ est la masse réduite).

Une simple inspection de (6) montre que $\tilde{I}$ est *maximum* à la limite (de

courte longueur d'onde) $p = 0$, du continuum en question, car alors l'exponentielle se réduit à l'unité. En d'autres termes l'hypothèse énoncée conduit, à l'approximation indiquée, avec les fonctions d'ondes nucléaires admises, *à des bandes continues dégradées vers le rouge depuis leurs limites situées dans l'ultraviolet lointain. Ce résultat*, malgré les approximations inévitables, *est en bon accord avec les données expérimentales.*

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une nouvelle méthode ébullioscopique pour étudier les hétéroazéotropes ternaires.* Note de M. **W. Swietoslawski**, présentée par M. C. Matignon.

Considérons un système composé de trois substances liquides A, B et H, dont A et B sont peu solubles l'une dans l'autre, tandis que H se dissout en quantités quelconques dans les deux liquides A et B. Il arrive souvent que, si les températures d'ébullition t_A, t_B, et t_H ne diffèrent pas entre elles considérablement, le mélange ternaire A, B, H peut former un hétéroazéotrope, c'est-à-dire un système liquide biphasé, distillant à une température constante ($p =$ const.). Il est bien connu que le point Az (*fig.* 1), représentant



la concentration azéotropique, se trouve sur la ligne droite ORPO', joignant les points P et R qui désignent la composition des deux phases I et II constituant l'hétéroazéotrope en proportions AzR et AzP. En même temps les mêmes phases R et P, prises en proportions quelconques $x:y$, forment des mélanges biphasés, possédant la même température d'ébullition t_{Az} que l'azéotrope Az. Le problème consiste à retrouver sur le graphique la position de la ligne PAzR, ainsi que la position du point Az sur cette ligne. Dans ce but on se sert d'un ébullioscope différentiel muni d'un déflegmateur (W. Swietoslawski, *Bull. intern. Ac. Sc. polonaise*, A, 1931,

p. 504) qui permet de mesurer en même temps la température d'ébullition t_{eb} du mélange étudié et celle de condensation t_{con} des vapeurs se dirigeant vers le réfrigérant. On commence l'expérience en mesurant la température d'ébullition et celle de condensation d'un système hétérogène binaire constitué par les deux substances A et B, prises en proportions quelconques.

Supposons que D représente la composition de ce mélange. Soit t_{AB} la température d'ébullition de ce mélange, on constate que l'azéotropisme a lieu, si, en ajoutant par portion le troisième composant H, nommé homogénisateur, on constate des abaissements de la température d'ébullition des mélanges ainsi obtenus. En même temps la différence $t_{eb} - t_{con}$ augmente progressivement au début, atteint un maximum, puis diminue, pour être égale à zéro ($t_{eb} = t_{con} = t_{Az}$) au point d'intersection de la ligne DH avec PR. Le point F représente le mélange biphasé constitué par les deux phases R et P prises en proportion FR et PF. En répétant la même expérience avec un mélange binaire K on obtient des mélanges représentés sur le graphique par la ligne KH. Au point d'intersection de cette ligne avec RP (point E), on constate de même que la température d'ébullition de ce mélange est égale à celle de l'hétéroazéotrope t_{Az}. La position de la ligne PAzR étant déterminée, on déduit la composition des phases R et P en opérant de la manière suivante : on prépare les deux mélanges binaires (A, H et B, H), représentés par les points O et O' et l'on ajoute l'un à l'autre jusqu'à l'apparition du trouble. Par ce procédé on détermine la composition de deux phases, représentées par les points P et R.

D'autre part on prépare une certaine quantité de l'hétéroazéotrope par la distillation d'un mélange quelconque de deux phases R et P, on le recueille dans un cylindre gradué et l'on détermine le rapport entre les volumes v et v_1 des deux phases distillant à la température minimum t_{Az}. La composition et la densité des deux phases, ainsi que les volumes v et v_1 étant connus, il ne reste qu'à calculer la composition de l'hétéroazéotrope. Il est évident que les manipulations mentionnées doivent être exécutées à une température constante. Les positions des points P et R ne sont fixées qu'à cette température. Les positions des points O, O' et Az ne dépendent que de la température d'ébullition du hétéroazéotrope sous la pression donnée p, considérée constante.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage du fluor à l'état de fluorure de calcium.* Note [1] de MM. E. **Carrière** et **Janssens**, présentée par M. Matignon.

La méthode directe de dosage pondéral du fluor des fluorures alcalins à l'état de fluorure de calcium de MM. E. Carrière et Rouanet (*Comptes rendus*, 189, 1929, p. 1281), généralisée par MM. E. Carrière et Janssens (*Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1127), a été l'objet d'une critique de M. P. Mougnaud (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1733). MM. E. Carrière, Rouanet et Janssens produisent la précipitation du fluorure de calcium en milieu ammoniacal pour provoquer un rassemblement du précipité permettant les décantations et les filtrations.

M. P. Mougnaud invoque la formation du carbonate de calcium, par action du gaz carbonique de l'air sur le chlorure de calcium et l'ammoniaque comme étant de nature à augmenter le poids du précipité obtenu. Nous avons procédé à l'étude du phénomène invoqué par eet auteur, en nous plaçant dans les conditions proposées par MM. E. Carrière, Rouanet et Janssens. A cet effet, 10^{cm^3} d'une solution de chlorure de calcium ($^1/_2$ $CaCl^2$ mol-gr/litre) additionnés de 25^{cm^3} d'eau distillée et de 5^{cm^3} d'ammoniaque non spécialement purifié, sont portés à l'ébullition pendant cinq minutes; la solution est ensuite filtrée et le filtre lavé à l'eau distillée chaude, jusqu'à ce que des traces de chlorure de calcium ne soient plus décelables au nitrate d'argent.

Le filtre est séché et calciné. Le temps d'exposition à l'air après l'ébullition demeurant, comme dans la méthode d'analyse proposée, inférieur à 15 minutes, le poids du précipité dû aussi bien aux traces de carbonate d'ammonium contenu dans l'ammoniaque, qu'au gaz carbonique de l'air a été en moyenne de $1^{mg},8$. Le temps d'exposition à l'air variant de 15 minutes à 1 heure et demie, le poids du précipité obtenu a été, en moyenne, de 2^{mg}.

Le poids du précipité de l'ordre des erreurs expérimentales n'est pas de nature à nuire à la précision de la méthode proposée. De nouvelles analyses de fluorures alcalins ont donné des résultats concordants avec ceux déjà publiés.

Lc fluorure de calcium précipite et se rassemble sous une forme gélati-

---

[1] Séance du 14 septembre 1931.

neuse et les lavages doivent être nombreux pour une purification complète. Les lavages sont pratiqués dans la capsule de platine, où a lieu la précipitation, en employant 10^{cm^3} d'eau chaque fois, en portant à l'ébullition, puis en décantant l'eau de lavage. Nous avons observé qu'une quinzaine de lavages était nécessaire, pour que, par comparaison, une solution de nitrate d'argent ne décèle pas le moindre louche quand on l'additionne d'eau de lavage filtrée.

En résumé, les critiques de M. P. Mougnaud ne nous paraissent pas fondées et nous continuons à penser que notre méthode, tant par sa précision largement suffisante que par sa rapide exécution, est susceptible de rendre service dans de nombreux cas.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Influence de l'argent métallique sur la calcification des larves d'Oursin.* Note de M. **Georges Bohn** et Mme **Anna Drzewina**, présentée par M. L. Bouvier.

Nous avons montré, dans des publications antérieures, l'action rapidement mortelle de l'argent métallique sur divers organismes marins et d'eau douce. Nous avons reconnu depuis, en expérimentant au laboratoire maritime de Roscoff sur des larves d'Oursin *Strongylocentrotus lividus*, qu'en dehors de cette action toxique oligodynamique, la seule dont il a été question jusqu'ici, l'argent peut avoir aussi des effets morphogènes et modifier de façon caractéristique un organisme en voie d'évolution. Pour que ces effets puissent se manifester, il est nécessaire d'intervenir à un stade donné du développement, en l'espèce celui de jeune gastrula (environ 24 heures après la fécondation).

Nous plaçons de jeunes gastrulas d'Oursin dans un tube de verre étroit contenant 6^{cm^3} d'eau et nous y plongeons une petite lamelle d'argent (de 5 à 3^{cm} de long sur $0^{cm},5$ de large), découpée dans une feuille d'argent de 10^{μ} d'épaisseur. Au bout d'un temps variable, la lamelle d'argent est retirée et le contenu du tube versé dans un verre de montre, pour la commodité de l'observation. Nous avons longtemps cherché le temps minimum pendant lequel il fallait laisser en place la lamelle d'argent pour obtenir les effets escomptés. Ce temps varie avec la température et l'éclairement; à 20° par exemple, et par temps clair, il pourrait ne point dépasser 1 minute ou moins d'une minute (il y a à tenir compte des variations de susceptibilité, suivant les lots). Le plus souvent, nous allions jusqu'à 15 minutes; au delà, les effets

n'étaient pas plus accentués et il y avait pour la culture le risque de cytolyse; mais quand la température et l'éclairement étaient peu favorables, nous laissions la mince lamelle d'argent en présence des larves pendant un temps beaucoup plus long : 30 minutes, 1 heure ou davantage.

De façon ou d'autre, l'effet du traitement était remarquablement net dès le lendemain : alors que les larves témoins étaient déjà de beaux pluteus, les gastrulas traitées, tout en ayant augmenté de taille, avaient un corps arrondi, en dôme, et des bras très courts, surtout les bras ventraux. Mais ce qui les distinguait tout particulièrement, c'était l'absence complète ou presque complète du squelette. A la place de l'architecture spiculaire si typique du pluteus, avec ses deux longues baguettes calcaires du corps, ses baguettes de soutien des bras, ses baguettes récurrentes, les larves traitées n'offrent aucune formation calcaire, ou bien un ou deux minuscules bâtonnets calcaires, ou encore deux spicules triradiés comme ceux de la gastrula ou à pointes plus longues. Les jours suivants la calcification ne progressait guère, les larves âgées de huit jours continuant à ne présenter qu'un squelette très réduit, ou point de squelette, ou encore, assez rarement, trois à cinq spicules triradiés. Pour ceux qui seraient tentés d'attribuer, du moins en partie, le défaut de calcification de la larve à ce qu'elle n'acquiert pas la forme typique du pluteus, nous rappelons nos expériences antérieures, où des larves d'Oursin élevées dans de l'eau qui était restée pendant un certain temps au contact de l'étain, gardaient la forme arrondie, presque sans bras, et malgré cela développaient un squelette, souvent aberrant il est vrai, mais d'une richesse bien plus grande que normalement [1]. De sorte que, chez les larves de même aspect, Ag inhibe la calcification alors que Sn au contraire l'exalte.

L'obtention de larves d'Oursin sans squelette n'est pas un fait nouveau; il est évident qu'en faisant des élevages en eau décalcifiée ou en eau convenablement acidifiée on peut empêcher la calcification. Mais dans les expériences dont il s'agit ici, l'eau n'est pas acidifiée : son pH est exactement celui de l'eau normale; il n'y a pas non plus précipitation du calcaire de l'eau. La larve a bien à sa disposition le calcaire dont elle a besoin pour l'édification de son squelette, mais le pouvoir calcigène de ses tissus est inhibé. Nous avons cherché à suspendre, à contrecarrer cette inhibition et nous y avons réussi par l'emploi de certains acides aminés, de l'alanine en

---

(1) A. Drzewina et G. Bohn, *Action de l'étain sur les œufs et les larves d'Oursin* (*Archives d'Anatomie microscopique*, 25, 1929, p. 576 à 586).

particulier. Quand, dans le tube où plonge la lamelle d'argent (voir plus haut), on ajoute une goutte d'alanine N/10 pour 6^{cm^3} d'eau, cette goutte suffit pour que la calcification s'opère normalement ou à peu près. Si la goutte d'alanine est ajoutée à une culture témoin, elle n'a pas d'effets sensibles.

En résumé, en introduisant dans l'eau où séjournent de jeunes gastrulas d'Oursin une petite lamelle d'argent très mince, pendant un temps qui peut ne pas dépasser une minute, on obtient des pluteus privés de squelette, et dont la calcification est inhibée aussi longtemps qu'on les maintient dans la même eau. Mais si en même temps que l'argent on ajoute à l'eau une trace d'un acide aminé, la calcification se fait de façon normale ou presque.

EMBRYOGÉNIE. — *La contractilité des cellules de l'embryon, instigatrice de la forme, facteur nécessaire du développement, chez les Amphibiens.* Note [1] de M. **Paul Wintrebert**, présentée par M. Caullery.

L'action du froid nous a montré qu'en dehors du morcellement primitif de la segmentation, des proliférations et des différenciations ordonnées, sous l'égide des corrélations de voisinage et de milieu, par la force inductrice de certains territoires «organisateurs» [2], l'œuf en développement présente, à temps donné, chez les Amphibiens, des contractions cellulaires soit localisées, soit totales, qui déterminent ses changements de formes et sans le secours desquelles l'ontogenèse est arrêtée. Un abaissement de température, expérimentalement défini, supprime la contraction, tandis que le pouvoir de division cellulaire persiste : les œufs augmentent de volume sans se transformer. Par contre un réchauffement suscite la contraction et le changement de forme qui en résulte fait parcourir à l'œuf une nouvelle étape. A son tour celle-ci ne peut être dépassée si l'œuf est de nouveau soumis au froid. On obtient, par la prolongation du froid au delà d'une semaine, des larves monstrueuses; mais l'instauration de la forme suivante, après un refroidissement de quelques jours, montre au plus haut degré la capacité régulatrice de l'œuf.

(1) Séance du 21 septembre 1931.

(2) P. Wintrebert, *La mécanique embryonaire de* Discoglossus pictus *et les théories du développement.* (*C. R. Assoc. des Anat.*, *Congrès d'Amsterdam*, 1930, p. 314-332).

Les périodes où la contraction est obligatoire sont celles de la gastrulation, de la neurulation, de la transformation en têtard; sans elle, les lèvres blastoporales ne s'enroulent pas, les bourrelets médullaires ne peuvent ni s'élever, ni se rapprocher et l'œuf, parvenu à la fin de la neurula, grossit démesurément sans acquérir la forme larvaire. Dans les deux premiers cas, il s'agit d'une contraction localisée; dans le troisième, d'une contraction totale.

Les expériences ont été faites sur le Discoglosse. Le degré de froid nécessaire à la dissociation des processus a été établi par tâtonnement pour chacune des périodes; il est de $+3°$ C. environ. Mais la sensibilité des pontes au froid varie suivant le degré de leur activité et, d'autre part, les œufs touchés par le froid longtemps avant le moment où la contraction apparaît demeurent débiles; leur température peut être élevée à 4° et 5° C. sans qu'ils se contractent. Il importe, en conséquence, de trouver pour chaque lot d'expérience la « température limite », donnant le maximum de prolifération en l'absence de contraction.

Le réchauffement consécutif à l'abaissement thermique est un excitant à la contraction et, si l'action du froid n'a pas été trop longue, la contraction, qui survient après avoir été retenue, prend une brusquerie et une ampleur inaccoutumée qui la rendent évidente. Ainsi, en 10 minutes, le blastopore se creuse en un fossé profond, d'emblée circulaire. D'autre part une réaction prématurée de contraction totale survient parfois dès le temps de la gastrulation ou de la neurulation. Combinée avec la contraction locale en cours, elle en augmente l'ampleur. Elle est souvent incomplète et peut n'être pas définitive; ainsi, un germe qui a diminué de volume d'une manière précoce peut, en reprenant vigueur à une température élevée (16° à 35° C.), se distendre à nouveau, remplir la chambre choriale et se contracter une seconde fois en totalité au temps révolu de la transformation en têtard.

La capacité précoce de contraction n'appartient donc pas aux seuls territoires des lèvres blastoporales et des bourrelets médullaires. Toutes les cellules du germe des Amphibiens sont contractiles dès la fin de la blastula. Ce n'est pas le pouvoir de contraction qui est localisé, mais l'excitant immédiat qui le met en jeu. Celui-ci consiste sans doute dans une compression des zones proliférantes, soit contre le champ vitellin presque inerte du blastopore, soit contre le champ médullaire préalablement allongé sur le support chordal. On s'explique dès lors que, dans certaines expériences, le lieu de la lèvre dorsale puisse varier et s'élever, par exemple, jusqu'au territoire de la plaque médullaire présumée. Ces résultats ne sont pas compatibles avec la théorie des localisations germinales.

L'opinion que les phénomènes d'enroulement blastoporal et de recourbement des bourrelets médullaires sont redevables à une contraction a déjà été émise sur la foi des aspects morphologiques successifs que présentent, soit les cellules en bouteille des lèvres blastoporales (Ruffini, 1907-1923), soit les cellules en coin de Lehmann (1928) et de Bœrema (1929) placées à la charnière des bourrelets médullaires. W. Roux, en 1885, suggérait déjà comme possible une transformation active de la plaque médullaire. W. Vogt (1920) (1) discute les opinions des auteurs; il conclut que ces aspects ne relèvent pas d'une compression passive et témoignent d'une contraction active. A mon avis les deux processus existent, le premier provoquant le second. Cependant jusqu'ici la réalité de cette contraction n'a pas été rendue manifeste sur le vivant, et l'on ignorait qu'elle fût un agent nécessaire du développement. En ce qui concerne la transformation de l'œuf neurulaire en têtard, l'intervention d'une contraction n'avait pas été envisagée.

Le froid n'empêche pas seulement la contraction de se produire; il l'arrête aussi dans son évolution et parfois efface en partie l'enroulement déjà effectué; ainsi, une lèvre dorsale qui débute, un bourrelet médullaire qui commence, s'étalent et se déroulent à nouveau; mais le retour en arrière de ces formations n'a que l'étendue de la contraction en voie d'exécution.

En résumé, la contractilité des cellules de l'embryon commande l'ontogénie au même titre que l'activité karyokinétique, que la force inductrice, que les corrélations de voisinage et de milieu. Son inhibition par le froid interdit tout changement de forme à un œuf qui continue sa croissance au ralenti. Son accélération, son renforcement ultérieurs, par le réchauffement, la manifestent avec évidence sur un matériel divisé à l'excès mais néanmoins capable de régulation. La production à volonté de son arrêt et de sa reprise par de simples changements de température fait entrevoir la possibilité de mesurer isolément, à chaque étape de l'édification du germe, l'énergie de croissance et l'énergie de transformation de l'embryon.

La séance est levée à 15h25m.

E. P.

(1) W. Vogt, *Roux Archiv*, 120, 1929, p. 514-518.

ERRATA.

(Séance du 24 août 1931.)

Note de M. *G. Nadjakoff*, Sur la capacité de l'électromètre à quadrants :

Page 356, ligne 8, *au lieu de* $v_1 \leqq V$, *lire* $v_1 \ll V$; ligne 22, *au lieu de* électromagnétiques, *lire* électrométriques.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 OCTOBRE 1931.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS DE LAUNAY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **T. M. Lowry**, F. R. S., professeur de l'Université de Cambridge, qui assiste à la séance.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau un volume intitulé *Université catholique de Louvain. Fêtes du Cinquième Centenaire.*

La cinquième Assemblée générale du Conseil international de Recherches. Note de M. **Émile Picard**.

On se rappelle peut-être que, immédiatement après la guerre, un Conseil international de recherches fut créé dans l'ordre scientifique sur l'initiative de l'Académie nationale des États-Unis, de la Société Royale de Londres et de l'Académie des Sciences de Paris. Les statuts furent votés en 1919 et, depuis lors, la nouvelle institution s'est peu à peu développée. Autour d'elle se sont groupés *huit* Unions scientifiques internationales, et le nombre des pays adhérents est maintenant de *quarante et un*. Des modifications furent peu à peu introduites dans les statuts primitifs. A la dernière Assemblée tenue en 1928, le désir avait été exprimé de nouveaux changements; c'est ce à quoi travaillèrent d'abord une Commission nommée spécialement à cet effet et ensuite le Comité exécutif du Conseil. Les propositions faites viennent d'être examinées dans l'Assemblée générale tenue à Bruxelles le

11 juillet dernier. On trouvera dans le discours que j'ai prononcé en ouvrant la session, comme Président du Conseil international de Recherches, les diverses raisons qui ont conduit à modifier quelque peu l'organisme existant sans en changer d'ailleurs les caractères essentiels. Je reproduis ici ce discours :

« Messieurs,

» La Convention qui a créé le Conseil international de Recherches prend fin, comme vous le savez, le 31 décembre prochain. Le principal objet de la réunion actuelle est son renouvellement, avec les modifications que vous jugerez utiles de faire aux Statuts. Il ne sera pas inutile de rappeler très brièvement l'histoire de notre Conseil et sa situation actuelle, ce qui avancera peut-être la solution des questions à étudier.

» Rappelons d'abord les idées essentielles qui avaient guidé les rédacteurs de nos premiers statuts. Dans la seconde moitié du siècle dernier et jusqu'en 1914 de très nombreuses réunions internationales s'étaient tenues, les unes permanentes, d'autres temporaires, se rapportant à des domaines très fractionnés des diverses disciplines scientifiques. En 1919, il parut souhaitable de créer un organisme central autour duquel se grouperaient quelques Unions scientifiques internationales, et c'est alors que fut décidé l'établissement du Conseil international de Recherches. On parlait beaucoup en ce temps-là de la Société des Nations qui venait de naître, et peut-être un parallélisme entre l'ordre politique et l'ordre scientifique fut-il au début dans la pensée de certains créateurs du nouvel organisme. Quoi qu'il en soit, nos Statuts furent rapidement votés. Alors que, avant 1914, il existait, comme je viens de le rappeler, des groupements scientifiques très nombreux, faisant quelquefois double emploi, et sans lien les uns avec les autres, le Conseil a réussi peu à peu à provoquer la création d'un nombre très limité d'Unions relatives à un même ordre de sciences, travaillant dans le même esprit, et qui, tout en obéissant à certaines directions générales, conservent une grande liberté d'action; le nombre de ces Unions internationales est actuellement de huit. Il y eut là, je crois, un grand progrès. Pour la première fois peut-être dans l'ordre international, l'ensemble des sciences apparut comme formant un faisceau de doctrines, dont les techniques certes peuvent différer, mais dont les méthodes ont assez de points communs pour qu'on parle couramment de méthode scientifique. J'ai rappelé, il y a trois ans, le travail considérable de certaines de nos Unions; je n'ai pas à y revenir.

» Comme il arrive nécessairement dans toute création un peu complexe, les affaires d'ordre administratif durent solliciter notre attention et, d'autre part, les savants ne sont pas tellement enfermés dans leurs tours d'ivoire que des questions d'ordre politique ne se soient posées devant eux; mais, grâce à la bonne volonté de tous, nos statuts primitifs furent peu à peu modifiés et débarrassés de tout ce qui pouvait rappeler les circonstances de la fondation.

» Dans notre dernière réunion, en 1928, plusieurs des pays adhérents exprimèrent le désir de voir nos statuts subir encore des modifications sensibles. Une conversation générale eut lieu à ce sujet. La nécessité d'un organe central pour les Unions, à une époque où les différentes sciences se pénètrent de plus en plus et où il est parfois difficile de fixer leurs limites, ne fut pas contestée; mais il parut à quelques-uns que notre actuel Conseil international de Recherches, superposé en quelque sorte aux Unions et exerçant une tutelle trop sévère, menaçait leur liberté. Je serais pour ma part embarrassé de citer des exemples d'une telle sévérité, mais il y avait là cependant une indication dont devait tenir compte la Commission que vous avez nommée en 1928 pour proposer des modifications aux Statuts. Aussi, cette Commission a été d'avis que le Conseil international de Recherches devait, à l'avenir, être en une très large mesure une émanation de ces Unions, et elle a proposé de l'appeler « Conseil international des Unions scientifiques ». Un point capital dans la réforme projetée est que le Comité exécutif du nouvel organisme serait formé en grande majorité des délégués de chacune des Unions internationales rattachées au Conseil, ce qui est conforme aux avis exprimés de différents côtés. Les propositions de la Commission des Statuts, réunie en 1929, ont été soumises à votre Comité exécutif qui a tenu ses séances à Paris l'automne dernier et s'est placé au même point de vue. Des délibérations du Comité exécutif est sorti le projet des nouveaux Statuts que nous allons soumettre à votre approbation.

» J'ai fait allusion tout à l'heure à la dépendance en laquelle se trouvent de plus en plus aujourd'hui les sciences les unes par rapport aux autres. Chacun sait que c'est dans les régions frontières entre deux sciences regardées jadis comme distinctes que se font aujourd'hui les plus belles découvertes. Aussi, avions-nous formé des Commissions mixtes rattachées à plusieurs Unions. Elles ont publié d'importants rapports sur des questions intéressant à la fois l'astronomie et la géodésie, et sur les phénomènes si complexes présentés par les ondes hertziennes dans le domaine de l'élec-

tricité sans fil. Un volume a été aussi publié par les soins d'une Commission étudiant les relations entre les phénomènes solaires et les phénomènes terrestres. Il n'est pas douteux que, à l'avenir, le Conseil devra développer de plus en plus ce genre de Commissions et mettre dans ses ordres du jour des questions scientifiques d'un ordre général. Combien il serait intéressant d'entendre dans nos Assemblées générales des Conférences auxquelles pourraient s'intéresser tous les esprits philosophiques. Il faut souhaiter aussi que quelques-unes des Unions veuillent bien donner dans nos Assemblées un résumé de leurs travaux des années précédentes.

» Mais n'anticipons pas. A chaque jour suffit sa peine. Une première période se termine pour l'organisme créé en 1919; il appartiendra à nos successeurs d'aller plus loin et de faire mieux que nous.

» Messieurs, le Comité exécutif devant être à l'avenir constitué conformément aux nouveaux Statuts, les membres du Comité exécutif actuellement en fonctions considèrent que leur mission sera terminée avec cette session. Permettez à celui, à qui vous avez confié le soin de présider vos séances depuis douze ans, de vous exprimer ses vifs remerciements pour le très grand honneur que vous lui avez fait. Il veut y voir un témoignage de votre sympathie pour son pays. »

Pour les raisons qu'on vient de voir, le changement de titre a été adopté : *le Conseil international de Recherches* sera dorénavant *le Conseil international des Unions scientifiques*. La plupart des autres modifications sont d'ordre administratif et d'ordre budgétaire, et certains votes s'effectueront dans des conditions différentes. Le nouveau Bureau pour les trois années qui vont suivre a été ainsi constitué : Président, notre illustre associé étranger, M. Georges Hale, qui fut en 1919 un des fondateurs du Conseil international de Recherches; Vice-Présidents, M. le général Ferrié et M. Nörlund; Secrétaire général, Sir Henry Lyons. Sous un nom légèrement différent, l'œuvre fondée il y a douze ans va pouvoir prendre son plein développement, ayant des rapports de plus en plus intimes avec les diverses Unions scientifiques internationales. Puisse-t-elle être un centre pour la science prise dans son acception la plus étendue.

En faisant hommage des 7e et 8e éléments de son œuvre, M. **Paul Helbronner** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur d'offrir à l'Académie le premier exemplaire de deux éléments nouveaux, terminés tout récemment, de la *Description géométrique détaillée des Alpes françaises :* le Tome IV relatif aux massifs des Bauges et de la Grande Chartreuse et le Tome V relatif aux massifs d'Allevard, des Sept Laux, de Belledonne, des Grandes Rousses et des Arves. Reliés en un seul volume, ils sont accompagnés de 28 tours d'horizon de sommets reproduits par la similigravure et de 5 cartes.

Les stations sur le terrain qui ont déterminé les réseaux correspondants se sont effectuées principalement au cours des Campagnes de 1903, 1904, 1909, 1911, 1920 et 1921.

Parmi les utilisations auxquelles ces documentations ont donné lieu, il y a lieu de signaler celles qui ont été faites par le Service géographique de l'Armée pour l'établissement de sa Nouvelle Carte de France au 50000e dans la région des Alpes.

A l'appui de cette contribution, il est publié dans le Tome IV, avec l'autorisation du général Bellot, directeur du Service, l'état actuel des triangulations primordiales de la Nouvelle Carte de France, tel que le présente notre grand organisme militaire, tenant par un figuré spécial à mettre en évidence la partie de ses réseaux empruntés à la *Description géométrique détaillée des Alpes françaises*.

M. **Ch. Maurain** fait hommage à l'Académie d'un volume intitulé *Union Géodésique et Géophysique Internationale, Section de magnétisme et électricité terrestres, Comptes rendus de l'Assemblée de Stockholm*, 15-23 août 1930, publiés par les soins de M. Ch. Maurain, Secrétaire de la Section et Directeur du Bureau Central International, et s'exprime en ces termes :

Ce volume comprend trois parties : 1° les Rapports des Comités nationaux, où sont exposés les travaux d'intérêt général effctués dans les différents pays; 2° les Rapports et communications sur de nombreux sujets scientifiques, où se trouvent passés en revue la plupart des travaux concernant le magnétisme et l'électricité terrestres effectués sur l'ensemble du Globe depuis la précédente Assemblée de l'Union; 3° l'exposé des relations entre la Section et d'autres Sections de l'Union sur des sujets intéressant plusieurs domaines scientifiques, parmi lesquels est à signaler la préparation de l'Année Polaire internationale 1932-1933.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° American Geographical Society. *Complete* 60° *Star Lists for Position Fixing by the Equal Altitude Method.* (Présenté par M. A. de Gramont.)

2° *Encyclopédie entomologique.* XIV. *Recherches sur la Tératologie des Insectes.* II. *La descendance des monstres de Phasmides*, par P. Cappe de Baillon. (Présenté par M. L. Bouvier.)

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur le dernier théorème de Fermat.* Note de M. L. Massoutié, présentée par M. d'Ocagne.

On peut énoncer le théorème suivant : *Si p est un nombre premier de la forme* $6n-1$, *une des indéterminées de l'équation* $x^p+y^p+z^p=0$ *est nécessairement divisible par* 3.

On s'appuie sur le lemme : *Si a est premier avec* 3, *on a la congruence*

$$a^{6n-1} \equiv a \pmod 3.$$

Supposons maintenant que l'équation $x^p+y^p+z^p=0$ admette une solution entière $x=a$, $y=b$, $z=c$; a, b, c étant des entiers positifs ou négatifs premiers entre eux. Nous aurons donc $a^p+b^p+c^p=0$ et, par application du lemme ci-dessus,

$$a+b+c \equiv 0 \pmod 3.$$

Supposons qu'aucun des trois nombres a, b, c ne soit multiple de 3. A cause de la congruence précédente, a, b, c seront tous les trois, en même temps, nécessairement de la même forme $3h+1$ ou $3h-1$.

Soit maintenant l'équation incomplète du troisième degré

$$X^3+PX+Q=0,$$

admettant pour racines a^p, b^p, c^p; on a

$$(a^p-b^p)^2(b^p-c^p)^2(c^p-a^p)^2=-4P^3-27Q^2;$$

comme

$$P = a^p b^p + b^p c^p + c^p a^p = a^p b^p + (a^p + b^p) c^p = a^p b^p - c^{2p},$$

on aura

$$(1) \qquad (a^p - b^p)^2 (b^p - c^p)^2 (c^p - a^p)^2 + 27 a^{2p} b^{2p} c^{2p} = 4 (c^{2p} - a^p b^p)^3.$$

Il est clair que $c^{2p} - a^p b^p$ est un *simple* multiple de 3. En effet les binomes tels que $(a^p - b^p)^2$ sont des multiples de 9 et le produit $(a^p - b^p)^2 (b^p - c^p)^2 (c^p - a^p)^2$ est un multiple de 9^3. Si donc $c^{2p} - a^p b^p$ était un multiple de 9, $(c^{2p} - a^p b^p)^3$ serait un multiple de 9^3, et, à cause de 27, qui figure dans le premier membre de (1), il n'y aurait pas congruence modulo 3 et l'égalité (1) serait impossible.

D'autre part on sait que, si l'on a

$$a^p + b^p + c^p = 0,$$

une des quantités a, b, c est forcément paire et que l'un des binomes $a^p + b^p$, $b^p + c^p$, $c^p + a^p$, est nécessairement divisible par $2^{p\lambda}$, λ étant un entier positif. Cela fait que l'un des trois binomes, $a^p - b^p$, $b^p - c^p$, $c^p - a^p$ est *simplement* pair, les deux autres étant impairs. De plus $c^{2p} - a^p b^p$ est nécessairement impair. On pourra donc écrire l'égalité (1) sous la forme

$$(2) \qquad \frac{(a^p - b^p)^2 (b^p - c^p)^2 (c^p - a^p)^2}{4} + 27 \frac{a^{2p} b^{2p} c^{2p}}{4} = (c^{2p} - a^p b^p)^3.$$

Mais on a

$$c^{2p} - a^p b^p = (c^2)^p - a^p b^p = (c^2 - ab) R.$$

$c^2 - ab$ est alors un *simple* multiple de 3; R étant impair et non divisible par 3, comme on le sait. Posons $c^2 - ab = 3u$, u n'étant pas divisible par 3. On a donc

$$(c^{2p} - a^p b^p)^3 = 27 u^3 R^3.$$

En divisant les deux membres de (2) par 27, il reste, puisque $9^3 : 27 = 3 \times 9$,

$$3.9 U^2 + V^2 = u^3 R^3.$$

Le second membre est impair et le premier est de la forme $3x^2 + y^2$, donc R doit être, lui aussi, de cette forme; mais nous allons montrer que cela est impossible. En effet R peut s'écrire

$$R = (c^2)^{p-1} + (c^2)^{p-2} ab + (c^2)^{p-3} a^2 b^2 + \ldots + (c^2)(ab)^{p-2} + (ab)^{p-1}.$$

Or chacun des termes de R est, en vertu de ce qui a été dit plus haut sur a, b, c, relativement au module 3, de la forme $3h + 1$, et R con-

tient $p = 6n - 1$ termes; donc R sera de la forme $3k + 6n - 1$ ou $3m - 1$. Mais on a aussi $R = f^2 + 3g^2$, donc on arrive à

$$3m - 1 = f^2 + 3g^2,$$

égalité impossible. Donc il faut nécessairement supposer que l'un des nombres a, b, c est un multiple de 3.

ALGÈBRE. — *Sur la théorie des corps de nombres de degré infini.* Note (¹) de M. **Jacques Herbrand**, transmise par M. J. Hadamard.

Beaucoup des résultats de la théorie des corps de nombres algébriques s'étendent sans difficultés aux corps de nombres de degré infini, c'est-à-dire contenant des nombres tels que les équations irréductibles auxquelles ils satisfont sont de degré non borné. Krull (²), après Stiemke, avait fait la théorie de leurs idéaux premiers; nous nous sommes proposé d'étudier les propriétés des idéaux premiers et primaires d'un corps k, quand on les considère dans un sur-corps K. Les méthodes employées sont uniformes : ou bien les résultats sont déduits de la théorie des corps finis par passage à la limite, ou bien l'on transpose aux corps infinis la méthode ayant réussi dans le cas des corps finis.

1. Supposons d'abord K de degré relatif fini (voir également sur ce sujet un Mémoire à paraître de Deuring dans les *Math. Ann.*, et Krull, *Sitzber. der Bayerischen Akad.*, 1930, p. 225), par rapport à k. Alors toutes les propriétés habituelles de divisibilité se conservent. En particulier : un idéal primaire $\mathfrak{a}$ de k se décompose dans K en un produit d'un nombre fini d'idéaux primaires $\mathfrak{A}_i$; $\mathfrak{a}$ et $\mathfrak{A}_i$ ont même valeur (Bewertung), et sont simultanément finis ou infinis dans les *Maximalordnungen* correspondants.

On peut étendre la théorie des groupes de décomposition, d'inertie et de ramification. La théorie des deux premiers groupes se fait sans difficulté, et les résultats sont les mêmes que pour les corps finis. On définit le groupe de ramification correspondant à un idéal primaire Ω, comme l'ensemble des éléments σ du groupe de Galois tels que $A \equiv \sigma A \pmod{\Omega}$, pour tout entier A. La théorie complète de ces groupes ne peut se faire qu'avec cer-

(¹) Séance du 14 septembre 1931.

(²) Krull, *Math. Zeitschrift*, 29, 1929, p. 42, et 31, 1930, p. 525. — Steimke, *Math. Zeitschrift*, 25, 1926, p. 9.

taines restrictions, moyennant lesquelles toutes les résultats vrais dans le cas des corps finis s'étendent. On peut cependant étendre au cas général le théorème que nous avons énoncé dans une Note précédente (¹).

On peut définir le degré relatif d'un idéal premier, avec toutes ses propriétés habituelles; en particulier, il est égal au degré de l'extension algébrique qu'éprouve le groupe des restes de l'idéal quand on passe à un de ses diviseurs premiers dans le sur-corps. Dans l'espace topologique de tous les idéaux (²), ce degré est une fonction semi-continue supérieurement de l'idéal; on a des énoncés analogues pour les groupes de décomposition, d'inertie, de ramification, dans le cas galoisien.

La théorie de la différente se fait sans peine, si l'on prend la définition de Hilbert (³). Il n'en est pas de même si l'on essaie de définir l'inverse de la différente par la théorie des traces : il y a en particulier des idéaux premiers ramifiés qui sont premiers à l'idéal obtenu. Ceci est impossible avec la définition de Hilbert.

Comme exemples de corps infinis, mentionnons qu'il y a des corps (différents du corps de tous les nombres algébriques, ou de tous les nombres algébriques réels), tels que les corps de restes de tous leurs idéaux premiers soient algébriquement fermés.

2. Supposons maintenant K de degré relatif infini par rapport à k. Un grand nombre de résultats se généralisent. Mais le cas le plus intéressant est celui où K est galoisien par rapport à k. Il faut alors introduire le groupe de Galois [au sens de Krull (⁴)], les éléments de ce groupe formant un espace topologique : tous les groupes que l'on introduit doivent être topologisés.

Il faut d'abord introduire la notion de « nombre idéal » (⁵) : $p_1, p_2, \ldots, p_n, \ldots$ étant la suite des nombres premiers, un nombre idéal est un symbole de forme $p_1^{x_1} p_2^{x_2} \ldots p_n^{x_n} \ldots$, (*ad. inf.*) les exposants étant des entiers ordinaires (qui peuvent être nuls) ou l'infini. Puis celle de « limite d'une suite de groupes » : soit $G_1, G_2, \ldots, G_n, \ldots$ une suite de groupes, l'ordre de G_n divisant celui de G_{n+1} et tels que pour tout n, il y ait un isomorphisme appliquant G_{n+1} sur G_n. Les suites d'éléments $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n, \ldots$,

---

(¹) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 986; corrections p. 1272.

(²) Voir le deuxième Mémoire de Krull cité plus haut, ou CHEVALLEY, *Comptes rendus*, 189 1926, p. 616.

(³) Voir par exemple le *Zahlbericht* de HILBERT, Chapitre V.

(⁴) KRULL, *Math. Ann.*, 100, 1928, p. 687.

(⁵) Comparer STEINITZ, *Journal de Crelle*, 137, 1910, p. 250.

telles que cet automorphisme applique α_{n+1} sur α_n (quel que soit n), sont considérées comme les éléments d'un nouveau groupe G, dit groupe limite de la suite des G_n; les éléments de ce groupe peuvent être considérés comme les points d'un espace topologique, deux suites $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n, \ldots$ et $\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_n, \ldots$, étant à la distance $\frac{1}{n}$ quand les n premiers termes coïncident, et non le $(n+1)^{\text{ième}}$.

Par exemple, supposons G_n cyclique de degré p^n. G est alors dit « idéal-cyclique » ([1]), et nous dirons que son degré est le nombre idéal p^∞; G est isomorphe au groupe additif des nombres p-adiques entiers.

Si $k_1, k_2, \ldots, k_n, \ldots$ est une suite de corps galoisiens par rapport à k tels que $k \subset k_n \subset k_{n+1}$, et ayant K comme limite, les groupes de Galois de k_n par rapport à k, ont une limite, qui est le groupe de Galois de K par rapport à k.

A l'aide de ces notions, la théorie des groupes de décomposition et d'inertie s'étend sans peine : par exemple, le groupe d'inertie est un sous-groupe invariant du groupe de décomposition; le groupe quotient est idéal-cyclique de degré égal à F, degré relatif de l'idéal; ce groupe est isomorphe au groupe de Galois de l'extension algébrique qu'éprouve le groupe des restes de l'idéal, quand on passe à un de ces diviseurs premiers dans le sur-corps. La théorie des groupes de ramification offre par contre quelques difficultés, qui sont dans la nature des choses.

Un exposé systématique de ces recherches paraîtra dans deux Mémoires, qui seront publiés dans un autre Recueil ([2]).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété des séries des polynomes.* Note ([3]) de M. **F. Leja**, transmise par M. E. Borel.

Considérons une série de polynomes

$$(1) \qquad \sum_{n=0}^{\infty} P_n(z) = \sum_{n=0}^{\infty} (a_0^{(n)} + a_1^{(n)} z + \ldots + a_n^{(n)})$$

et un domaine $\mathcal{D}$ du plan complexe z.

([1]) Comparer Krull, *Math. Ann.* (*loc. cit.*).

([2]) La Note précédente a été trouvée dans les papiers de M. J. Herbrand. Ce jeune géomètre, plein d'avenir, a péri il y a quelques semaines dans un accident de montagne. [E. P.]

([3]) Séance du 28 septembre 1931.

Je dirai que le *facteur de la convergence uniforme* de la série (1) dans le domaine $\mathcal{D}$ est égal à $\lambda \geqq 0$ si la série suivante

$$\sum_{n=0}^{\infty} P_n(z).l^n,$$

où l est un nombre complexe fixe, converge uniformément à l'intérieur de $\mathcal{D}$ lorsque l est quelconque, mais satisfait à l'inégalité

$$|l| < \lambda,$$

et si λ est le plus grand nombre des nombres pour lesquels cette condition est remplie.

Il est clair que, à chaque série des polynomes (1) et à chaque domaine $\mathcal{D}$, appartient un facteur de convergence uniforme qui peut être positif, nul ou infini. Si l'on pose

$$M_n = \max |P_n(z)| \text{ dans le domaine } \mathcal{D} \qquad \text{pour } n = 0, 1, \ldots;$$

ce facteur est donné par l'expression

$$\lambda = \frac{1}{\limsup \sqrt[n]{M_n}}.$$

La démonstration est analogue à celle du théorème de Cauchy-Hadamard concernant les séries entières.

Observons que, si la série (1) converge uniformément dans $\mathcal{D}$, son facteur λ dans ce domaine est au moins égal à l'unité et que, si la série (1) se réduit à une série entière $\Sigma a_n z^n$, le rayon de convergence de cette série est égal à son facteur de convergence uniforme dans le domaine $|z| < 1$.

Une série des polynomes peut converger pour un ensemble de points partout dense dans le plan sans que son facteur de convergence uniforme soit positif dans un domaine quelconque aussi petit qu'on veut, c'est ce que montre l'exemple donné plus loin. Néanmoins on peut démontrer ce que voici :

Théorème. — *Si une série de polynomes converge sur un arc rectifiable de longueur aussi petite qu'on veut mais positive* [1], *le facteur de la convergence uniforme de cette série dans un domaine quelconque (mais fini) est toujours positif.*

La démonstration détaillée de ce théorème étant assez longue, je me borne à citer trois lemmes sur lesquels elle peut être basée. Supposons que la

---

[1] Il suffit de supposer que la convergence ait lieu sur cet arc presque partout.

série (1) soit convergente sur un arc $\mathcal{C}$ dont le diamètre est égal à d et soient A et B deux points de l'arc $\mathcal{C}$ tels que leur distance soit égale au diamètre de C.

LEMME 1. — *Pour chaque nombre* $\varepsilon > 0$, *où* $\varepsilon < d$, *il existe sur la partie* $\overset{\frown}{AB}$ *de l'arc* $\mathcal{C}$ *un ensemble* E *de points tels que, si l'on pose* $\overline{E} = E +$ *les points limites de* E : 1° *on a* $\operatorname{mes}\overline{E} > d - \varepsilon$ *et* 2° *la suite*

$$(2) \qquad |P_0(z)|, \quad |P_1(z)|, \quad \ldots$$

est uniformément bornée dans l'ensemble E.

Ce lemme résulte d'un théorème de M. Egoroff [1], mais il est plus élémentaire.

LEMME 2. — *Pour chaque nombre naturel* n *et à chaque* $\varepsilon' > 0$, *où* $\varepsilon < \varepsilon' < d$, *il existe dans l'ensemble* E *une suite de* $n+1$ *points*

$$z_0, \quad z_1, \quad \ldots, \quad z_n,$$

différents et tels que l'on a

$$(3) \qquad |z_j - z_k| \geqq (j-k)\frac{d-\varepsilon'}{n},$$

où $j > k$ *et* $j, k > 0, 1, \ldots, n$.

LEMME 3. — *Soit* $P_n(z)$ *un terme quelconque de la série* (1) *et soient*

$$(4) \qquad z_0, \quad z_1, \quad \ldots, \quad z_n,$$

$n+1$ *points de l'ensemble* E *satisfaisant aux inégalités* (3). *En résolvant le système des* $n+1$ *équations*

$$a_0^{(n)} + a_1^{(n)} z_j + \ldots + a_n^{(n)} z_j^n = P_n(z_j) \qquad (j = 0, 1, \ldots, n),$$

par rapport aux coefficients $a_0^{(n)}, \ldots, a_n^{(n)}$, *on obtient*

$$(5) \qquad a_{n-k}^{(n)} = (-1)^k \left[\frac{P_n(z_0)}{\Delta_0^{(n)}} S_{0k}^{(n)} + \frac{P_n(z_1)}{\Delta_1^{(n)}} S_{1k}^{(n)} + \ldots + \frac{P_n(z_n)}{\Delta_n^{(n)}} S_{nk}^{(n)} \right]$$
$$(\text{pour } k = 0, 1, \ldots, n),$$

où l'on a posé

$$\Delta_j^{(n)} = (z_j - z_0)(z_j - z_1)\ldots(z_j - z_{j-1})(z_j - z_{j+1})\ldots(z_j - z_n) \qquad (j = 0, 1, \ldots, n)$$

et

$$S_{j0}^{(n)} = 1 \qquad (\text{pour } j = 0, 1, \ldots, n),$$
$$S_{jk}^{(n)} = \sum_{(j)} z_{i_1} z_{i_2} \ldots z_{i_k} \qquad (j = 0, 1, \ldots, n;\ k = 1, 2, \ldots, n),$$

---

[1] *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 244.

la dernière somme représentant la somme de tous les produits à k facteurs que l'on peut former avec n nombres

$$z_0, z_1, \ldots, z_{j-1}, z_{j+1}, \ldots, z_n.$$

En partant de la formule (5) et en s'appuyant sur les lemmes 1 et 2 on peut prouver l'existence d'un nombre fixe M (¹) tel qu'on a, quel que soit $n = 0, 1, \ldots$

$$|a_j^{(n)}| < M^n, \qquad \text{pour } j = 0, 1, \ldots, n,$$

d'où l'on peut déduire le théorème.

Exemple. — Considérons une suite

$$(6) \qquad z_0, z_1, z_2, \ldots$$

contenant tous les nombres rationnels complexes du plan et ne contenant aucun des nombres $\frac{1}{e}, \frac{1}{e^2}, \frac{1}{e^3}, \ldots$ et posons

$$P_n(z) = (z - z_0)(z - z_1)\ldots(z - z_n).$$

La série des polynomes

$$\sum_0^\infty A_n P_n(z),$$

où l'on a posé

$$A_n = \frac{n!}{\left(\frac{1}{e^n} - z_0\right)\ldots\left(\frac{1}{e^n} - z_n\right)},$$

converge en tous les points (6) et, par suite, dans un ensemble de points partout dense dans le plan, et cependant on peut montrer que son facteur de convergence uniforme est partout (c'est-à-dire dans chaque domaine) égal à zéro.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Intégration simultanée de deux équations différentielles du premier ordre.* Note de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. Hadamard.

1. Il est bien connu que l'intégration d'une équation différentielle ordinaire du premier ordre

$$(E) \qquad A(x, y)\,dx + B(x, y)\,dy = 0,$$

(¹) Le nombre M dépend naturellement de la position et de la longueur de l'arc l mais il ne dépend pas des indices n et j.

revient à trouver un facteur intégrant $e^{\mu(x,y)}$. La fonction μ satisfait à une équation linéaire aux dérivées partielles du premier ordre (E′) dont il suffit de trouver *une* solution. Inversement, si l'on part *a priori* de (E′) l'intégration de (E′) revient à intégrer (E).

2. Il est intéressant de montrer que l'intégration de *deux* équations différentielles ordinaires du premier ordre, *indépendantes*, E_1 et E_2

$$(E_1) \qquad A_1(x,y)\,dx + B_1(x,y)\,dy = 0,$$
$$(E_2) \qquad A_2\,dx + B_2\,dy = 0,$$

peut s'obtenir *simultanément* par la connaissance d'une intégrale *particulière* d'une équation aux dérivées partielles du second ordre. Soient en effet $u =$ const., et $v =$ const. des intégrales premières de E_1 et E_2 respectivement et supposons que nous connaissions *a priori*, par un procédé quelconque, une fonction $F(x, y)$ dont on sait qu'elle est de la forme :

$$(1) \qquad F(x,y) \equiv U(u) + V(v).$$

Les formules évidentes

$$\frac{\partial F}{\partial x}\frac{\partial x}{\partial u} + \frac{\partial F}{\partial y}\frac{\partial y}{\partial u} \equiv U', \qquad \frac{\partial F}{\partial x}\frac{\partial x}{\partial v} + \frac{\partial F}{\partial y}\frac{\partial y}{\partial v} = V',$$
$$A_1\,dx + B_1\,dy = \lambda\,du, \qquad A_2\,dx + B_2\,dy = \mu\,dv,$$
$$dx = \frac{\lambda B_2\,du - \mu B_1\,dv}{A_1 B_2 - B_1 A_2}, \qquad dy = \frac{-\lambda A_2\,du + \mu A_1\,dv}{A_1 B_2 - B_1 A_2},$$
$$\frac{B_2 \dfrac{\partial F}{\partial x} - A_2 \dfrac{\partial F}{\partial y}}{A_1 B_2 - B_1 A_2}(A_1\,dx + B_1\,dy) = dU,$$
$$\left(\frac{-B_1 \dfrac{\partial F}{\partial x} + A_1 \dfrac{\partial F}{\partial y}}{A_1 B_2 - B_1 A_2}\right)(A_2\,dx + B_2\,dy) = dV$$

montrent que l'on a trouvé un facteur intégrant pour (E_1) et (E_2).

En exprimant que l'expression obtenue soit pour dU soit pour dV est bien une différentielle totale, on obtient pour F l'une ou l'autre de deux équations aux dérivées partielles du second ordre, linéaires en r, s, t et même p, q, en posant $F_x = p$, $F_y = q$, $F_{xx} = r$, ...

Les deux équations reviennent manifestement à une seule, car

$$dU + dV \equiv dF.$$

Il y a donc intérêt à conserver la symétrie en retranchant et exprimant

que $dU - dV$ est une différentielle totale exacte. On trouve ainsi

$$dU - dV = \frac{(A_1B_2 + A_2B_1)\frac{\partial F}{\partial x} - 2A_1A_2\frac{\partial F}{\partial y}}{A_1B_2 - B_1A_2}dx + \frac{2B_1B_2\frac{\partial F}{\partial x} - (A_1B_2 + A_2B_1)\frac{\partial F}{\partial y}}{A_1B_2 - B_1A_2}dy.$$

Si l'on pose $G(x, y) \equiv U - V$, G s'obtient par une quadrature, dès que F est connue (et satisfait à l'équation du second ordre annoncée). On constate immédiatement, ce qui est évident *a priori* sur les expressions $U + V$ et $U - V$ qui se permutent en changeant de signe V, que la relation entre F et G est *réciproque* ; si c'était G qui était connue *a priori*, on en déduirait F par le calcul précédent, où l'on remplace le premier membre par $dU + dV$ et où l'on écrit G au lieu de F au second.

L'équation linéaire à laquelle satisfait F (et aussi G) se ramène, par une transformation ponctuelle (prendre u et v comme variables indépendantes au lieu de x et y), à la forme canonique $S = 0$; cette équation, sous forme non réduite, possède donc la propriété curieuse que toute intégrale de cette équation en livre une autre par quadrature de différentielle totale.

3. Il est intéressant de fournir un exemple précis de telles équations E_1 et E_2. Il m'a été suggéré par un Mémoire encore inédit de M. Lebel; ce géomètre s'est proposé de chercher une surface S jouissant de la propriété suivante : on cherche une famille, à un paramètre, de surfaces Σ découpant sur les normales de S des divisions semblables avec cette particularité qu'aux lignes de courbure de S correspondent sur chaque surface Σ des réseaux conjugués. En écartant le cas banal d'une surface S et des surfaces Σ parallèles à S, ou encore d'une surface moulure générale S, on trouve toutes les surfaces S caractérisées par ce fait que chaque rayon de courbure principal est égal au produit d'une fonction de u par une fonction de v, en appelant u, v les paramètres des lignes de courbure; c'est donc la fonction $\log R_1$ ou $\log R_2$ qui jouera ici le rôle de F. Les quadriques, les cyclides de Dupin sont des solutions particulières du problème de M. Lebel. Pour une telle surface, E_1 ou E_2 est l'équation différentielle de l'un ou l'autre système de courbure et les fonctions A_1, B_1, A_2, B_2 contiennent x, y coordonnées cartésiennes, puis z et ses dérivées partielles du second ordre, de sorte que la condition d'intégrabilité indiquée plus haut donne pour z deux équations aux dérivées partielles d'ordre 4 faciles à former *a priori*. Inversement pour une surface S solution de ce système (et il en existe, comme nous l'avons vu), les lignes de courbure s'obtiennent par quadratures de différentielle totale.

M. Lebel a même montré que si les divisions semblables se projettent sur Oz suivant des divisions *égales*, la fonction $(1+p^2+q^2)$ est elle-même produit d'une fonction de u par une fonction de v, de sorte qu'elle donne une équation de condition d'ordre 3 seulement qui s'ajoute aux deux premières : le paraboloïde général d'axe Oz est une solution particulière.

M. Lebel, à qui j'ai indiqué les résultats des deux premiers paragraphes de cette Note, m'a suggéré l'idée de former $U = V$, au lieu de m'en tenir aux conditions équivalentes fournies par dU et dV.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété caractéristique des fonctions monogènes.* Note de M. **W. Fédoroff**, transmise par M. Émile Borel.

Soit $f(z)$ une fonction univoque de la variable complexe z, sommable superficiellement dans un domaine (ensemble ouvert et connexe) $\mathcal{D}$ et qui satisfasse à la condition suivante :

Pour chaque cercle Q compris dans $\mathcal{D}$ on a

$$\text{(A)} \qquad \int_Q \zeta f(\zeta)\, d\omega = z \int_Q f(\zeta)\, d\omega,$$

z étant le centre de Q, ζ la variable d'intégration, $d\omega$ l'élément d'aire.

Téorème. — Une telle fonction $f(z)$ est uniformément continue sur un ensemble E partout dense dans $\mathcal{D}$ et, si l'on définit par continuité les valeurs de $f(z)$ sur l'ensemble $\mathcal{D} - E$ (de mesure nulle), on obtient une fonction holomorphe dans $\mathcal{D}$.

Démonstration. — Soit $\mathcal{D}(R)$ le domaine tel que tout cercle, de rayon R et ayant son centre dans $\mathcal{D}(R)$, est entièrement compris dans $\mathcal{D}$. Posons dans $\mathcal{D}(R)$ et dans $\mathcal{D}(R+R')$ respectivement

$$\text{(1)} \qquad \bar{f}_\sigma(z) = \frac{1}{\sigma}\int_K f(\zeta)\, d\omega,$$

et

$$\text{(2)} \qquad \bar{\bar{f}}_{\sigma_1}(z) = \frac{1}{\sigma_1}\int_{K_1} \bar{f}_\sigma(\zeta)\, d\omega,$$

K et K_1 étant des cercles situés respectivement dans $\mathcal{D}(R)$ et $\mathcal{D}(R+R')$, de rayons R et R' et de centres z. De plus $\sigma = \pi R^2$, $\sigma_1 = \pi R'^2$.

On peut démontrer que la fonction (1) est continue dans $\mathcal{D}(R)$ et vérifie la condition (A) dans $\mathcal{D}(R)$. La fonction (2) possède des dérivées par-

tielles continues dans $\mathcal{D}(R+R')$ par rapport à x et y ($z=x+iy$) et on a dans $\mathcal{D}(R+R')$

$$(3)\qquad \lim_{r\to 0}\frac{e^{-\alpha i}}{r}\left[\overline{\overline{f}}_{\sigma_1}(z+\Delta z)-\overline{\overline{f}}_{\sigma_1}(z)\right]=\mathrm{R}e^{-\alpha i}\int_0^{2\pi}\overline{f}_\sigma(z+\mathrm{R}e^{\theta i})\cos(\theta-\alpha)\,d\theta,$$

où $\Delta z=re^{\alpha i}$ (α ayant une valeur constante). Il résulte de (3) que la fonction (2) est monogène dans $\mathcal{D}(R+R')$ à condition que l'expression (3) soit indépendante de α, ce qu'exprime l'équation suivante

$$(4)\qquad \int_0^{2\pi}(\zeta-z)\,\overline{f}_\sigma(\zeta)\,d\theta=0,$$

où $\zeta=z+\mathrm{R}e^{\theta i}$. Mais l'équation (4) est une conséquence de la condition (A) vérifiée par la fonction (1) pour chaque cercle Q compris dans $\mathcal{D}(R)$. Ainsi la fonction (2) est monogène dans $\mathcal{D}(R+R')$. Il en résulte qu'une fonction $f(z)$ (sommable superficiellement dans $\mathcal{D}$) est holomorphe dans $\mathcal{D}$, si elle satisfait à la condition (A) et est telle qu'on a dans $\mathcal{D}(R)$: $\overline{f}_\sigma(z)=f(z)$, quelque petit que soit R.

Pour achever la démonstration du théorème, remarquons qu'on a partout dans $(\mathcal{D}R)$:

$$\lim_{\sigma_1\to 0}\overline{\overline{f}}_{\sigma_1}(z)=\overline{f}_\sigma(z).$$

Il en résulte que la fonction (1) est monogène dans $\mathcal{D}(R)$. Enfin on peut montrer que, pour chaque ensemble F compris dans $\mathcal{D}(R)$, quelque petit que soit R, et de mesure positive, on a

$$\lim_{\sigma\to 0}\int_F\overline{f}_\sigma(\zeta)\,d\omega=\int_F f(\zeta)\,d\omega.$$

Il est facile maintenant d'achever la démonstration de notre théorème. Il est évident que réciproquement chaque fonction $f(z)$ holomorphe dans $\mathcal{D}$ possède la propriété (A).

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur les chocs dans le problème d'un corps attiré par deux centres fixes.* Note de M. **Riveliovitch**, présentée par M. Hadamard.

Considérons le mouvement dans l'espace et rapportons le mouvement aux coordonnées absolues passant par le corps fixe O de masse m_1. Soient les coordonnées du second corps fixe P : a_1, a_2 et a_3, sa masse m_2. Les coordonnées

canoniques du corps mobile de masse M : x_1, x_2 et x_3 ; p_1, p_2 et p_3. Les équations de son mouvement seront de la forme

$$(1)\qquad \frac{dx_i}{dt}=\frac{\partial H}{\partial p_i},\qquad \frac{dp_i}{dt}=-\frac{\partial H}{\partial x_i}\qquad (i=1, 2, 3),$$

$$H=\frac{1}{2}\sum_1^3 p_i^2-\left(\frac{m_1}{\nu}+\frac{m_2}{\nu'}\right)=E \text{ (constante des forces vives)},$$

$$\nu^2=\sum_1^3 x_i^2,\qquad \nu'^2=\sum_1^3 (x_i-a_i)^2.$$

La constante d'attraction est telle que $k^2=1$.

Comme les seuls points singuliers sont les chocs binaires, considérons le mouvement au voisinage du choc simple MO du corps mobile avec le point fixe O et supposons que le choc se produise au temps $t=0$.

Pour régulariser le système, appliquons :

1° La transformation de Sundman $dt=r\,du$ ($u=0$ pour $t=0$) ;

2° La transformation canonique de Levi-Civitá :

$$x_1=\xi_i\omega^2-2\omega_i\sum_1^3\xi_i\omega_i,\qquad p_i=\frac{\omega_i}{\omega^2}\qquad (\omega^2=\Sigma\omega_i^2\,;\ \xi^2=\Sigma\xi_i^2)$$

et prenons comme nouvelle fonction canonique :

$$H^*=r[H-E]=0,$$

ce qui ne change pas le système. En outre supposons que E est une constante fixée à l'avance.

On obtient finalement un système transformé :

$$(2)\qquad \frac{d\xi_i}{du}=\frac{\partial H^*}{\partial\omega_i},\qquad \frac{d\omega_i}{du}=-\frac{\partial H^*}{\partial\xi_i}\qquad (i=1, 2, 3),$$

$$H^*=-m_1+\frac{\xi}{2}-\xi\omega^2\left[\frac{m_2}{r'}+E\right]=0.$$

On voit facilement que c'est un système régulier d'équations différentielles (analogue au problème général des trois corps) $\omega=0$, $\xi=2m_1$ correspondent au point du choc MO.

On peut donc développer les ξ_i et ω_i au voisinage de $u=0$ suivant les puissances croissantes de u. On trouve

$$(3)\qquad \xi_i=\xi_i^0+u X_i(\xi_i^0\,|\,u)$$

et

(4) $$\omega_i = u\Omega_i(\xi_i^0 \mid u);$$

les ξ_i^0 sont les valeurs de ξ_i pour $u = 0$.

Du système (3) on peut par inversion tirer les valeurs des ξ_i^0 en fonction de ξ_i et u, on trouve

(5) $$\xi_i^0 = \xi_i + u\overline{X}_i(\xi_i \mid u)$$

et, en substituant ces valeurs dans (4), on trouve finalement

(6) $$\omega_i = u\overline{\Omega}_i(\xi_i \mid u),$$

on s'assure facilement que les fonctions $\overline{X}_i$ et $\overline{\Omega}_i$ sont des fonctions régulières.

Si l'on élimine u entre les trois équations (6) on trouve les deux conditions du choc binaire, que doivent satisfaire les valeurs initiales pour un temps quelconque $u = u_1$.

Par un raisonnement analogue à celui développé dans mes Notes [1], on trouve que les équations (6) sont de la forme

(7) $$\omega_i = A\xi_i + Ba_i;$$

les A et B sont des fonctions développées suivant les puissances croissantes de u; paires en ξ_i et a_i et invariables par la substitution circulaire des indices 1, 2, 3.

Si l'on revient aux variables canoniques primitives, les équations (7) deviennent

(8) $$\alpha x_i + \beta p_i + \gamma a_i = 0,$$

les α, β et γ sont des fonctions analogues à A et B.

Si l'on élimine les α, β et γ entre les trois équations homogènes (8), on trouve que le déterminant

$$\| \; x_i \quad p_i \quad a_i \; \| = 0,$$

c'est-à-dire que le mouvement est plan. Donc, *il n'existe pas d'orbite à choc binaire dans l'espace*.

Si l'on passe au cas du mouvement plan on démontre facilement qu'*il n'existe pas d'orbite à deux chocs successifs* (sauf des orbites périodiques).

En effet, pour deux chocs successifs, il faut que les variables initiales

(1) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 116-118, 263-264.

remplissent deux systèmes de conditions

$$\alpha x_i+\beta p_i+\gamma a_i=0 \quad \text{et} \quad \alpha' x_i+\beta' p_i+\gamma' a_i=0 \quad (i=1, 2).$$

Si l'on élimine entre ces quatre équations homogènes p_1 et p_2, on trouve deux équations :

$$lx_1+ma_1=0 \quad \text{et} \quad lx_2+ma_2=0;$$

en éliminant l et m on trouve $\frac{x_1}{x_2}=\frac{a_1}{a_2}$, c'est-à-dire que le corps mobile se meut sur la droite passant par les deux corps fixes.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Propriétés conséquentes à la nature arithmétique des exposants caractéristiques*. Note de M. **Lucien Féraud**, présentée par M. Elie Cartan.

Pour les systèmes de rang $2s=4$, l'irrationnalité du rapport $l=\frac{\lambda_2}{\lambda_1}$ des exposants caractéristiques définit le *type général stable* (λ_2, λ_1 étant des imaginaires pures). Le théorème objet de cette Note approfondit le rôle que joue la nature arithmétique du nombre l. Pour commencer nous adjoindrons aux hypothèses déjà mentionnées celle de stabilité complète et de plus nous nous placerons dans le cas particulier qui admet la forme normale réduite :

$$\frac{d\xi_i}{dt}=\xi_i(\lambda_i+\pi_i), \qquad \frac{d\eta_i}{dt}=-\eta_i(\lambda_i+\pi_i), \qquad \pi_i=\xi_i\eta_i \qquad (i=1, 2).$$

Ce cas a été étudié dans une Note précédente [1], nous reprenons les notations de celle-ci et aussi la représentation des mouvements par des points (périodiques) de l'espace $\pi_1\pi_2$ qui y est définie et appliquée.

Supposons que l satisfasse à une inégalité de Liouville d'ordre ω, c'est-à-dire $\left|l-\frac{m}{n}\right|>\frac{A}{n^\omega}$ $(A>0)$ quels que soient m et n (entiers) dès que n est assez grand soit pour $n>B$ ($B>0$, ω entier et >0). On aura au voisinage de Λ des points **M** pour lesquels le coefficient angulaire $\frac{M_2}{M_1}$ de **OM** s'écarte de l de moins de ε en les prenant à l'intérieur du cercle de centre Λ et de rayon $r_\varepsilon=\frac{\varepsilon\lambda_1}{\sqrt{1+(l+\varepsilon)^2}}$. Un point périodique sera donné par un rap-

(1) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 455.

port $\frac{M_2}{M_1}$ rationnel soit $\frac{m}{n}$ (irréductible), et la période correspondante sera $\frac{2\pi n}{M_2}$.

Étant donné $C > B$, désignons par (ρ_C) le cercle de centre A, de rayon r_ε, lorsque l'on prend pour ε la valeur $\frac{A}{C^\omega}$. Nous enlèverons d'abord de l'intérieur de ce cercle : 1° les points situés sur les parallèles aux axes de coordonnées issues de A ; 2° les points qui correspondent à des valeurs de $n < B$, lesquels se trouvent sur un nombre fini de droites que l'on commencera par déterminer. La deuxième de ces restrictions peut être réalisée en excluant toutes les périodes inférieures à $\frac{2\pi B}{\lambda_2 - \rho_C}$ ou à $\frac{2\pi B}{\lambda_2 - \rho_B}$ si l'on veut une borne indépendante de C. Pour les points de (ρ_C) n'appartenant à aucune des deux catégories que nous venons d'exclure, en vertu de l'inégalité de Liouville à laquelle satisfait l et de la translation qui permet dans le cas que nous considérons de passer des **M** aux Π, on peut énoncer : *pour chaque nombre* $C > B$ *il existe, relativement au cercle correspondant à* (ρ_C), *une limite inférieure des périodes, soit* $\frac{2\pi C}{\lambda_2 + \rho_C}$.

Pour plus de clarté nous avons pris d'abord les hypothèses les plus simples, mais elles ne sont pas toutes indispensables. Les rôles qu'elles jouent apparaîtront au cours des extensions qui suivent dans lesquelles est toujours conservée la conclusion essentielle du théorème : la limitation inférieure des périodes.

I. Cas d'une forme réduite pour laquelle les M_i sont seulement ramenés à leurs termes de degré inférieur à deux (par rapport aux π) [1]. Il suffit de remplacer le cercle déduit de (ρ_C) par translation par l'ellipse (E_C) déduite par homographie.

II. On abandonne l'hypothèse de stabilité complète. Soit d'abord la stabilité d'ordre 3 et le mouvement défini par

$$\xi_i = \xi_i^0 e^{\mu_i^0(t)}, \qquad \eta_i = \eta_i^0 e^{-\mu_i^0(t)},$$

où μ_1, μ_2 représentent les termes de degré inférieur à deux de M_1 et M_2 (mis sous leur forme normale). Ce mouvement donne une solution approchée et la théorie de la stabilité des différents ordres [2] permet de calculer une limite supérieure de l'approximation pour un intervalle de temps déterminé.

---

(1) Ce cas a été également considéré dans la Note précédente déjà citée.

(2) G. D. Birkhoff, *American Journal of Mathematics*, 49, 1, 1927, p. 15 à 24.

Le système qui définit ce mouvement approché appartient au cas considéré en dernier lieu et par conséquent satisfait à un théorème semblable à celui que nous avons énoncé. Il en sera encore de même si l'on prend comme hypothèse la stabilité d'ordre quelconque m. Pour chaque valeur de m la théorie classique définit un mouvement dont on peut limiter l'approximation — d'autant meilleure que m est plus grand. A chacun de ces mouvements s'appliquera un théorème ayant la signification que nous avons indiquée et dans lequel au cercle (ρ_c) correspondra un domaine entourant le point O.

III. Aux solutions elles-mêmes s'étend un résultat de la même nature si l'on reprend l'hypothèse de stabilité complète et lui adjoint celle de la convergence des séries $M_i(\pi_1, \pi_2)$.

MÉCANIQUE. — *Sur une équation de la Mécanique quantique.* Note de M. **Jean-Louis Destouches**, présentée par M. Maurice de Broglie.

En mécanique quantique, on rencontre l'équation différentielle

$$\mathcal{H}U - \varkappa \frac{dU}{dt} = 0 \qquad \left(\varkappa = -\frac{h}{2\pi i}\right), \tag{1}$$

dans laquelle $\mathcal{H}$ et U sont des nombres q qui ne satisfont pas aux règles de commutation usuelles.

La connaissance des intégrales de cette équation revêt une grosse importance. Leur recherche, facile quand $\mathcal{H}$ est indépendant de t, a permis à Schrödinger d'édifier la méthode du calcul opérationnel. Pour pouvoir appliquer cette méthode au cas de champs variables, nous envisageons dans cette Note le cas plus général où $\mathcal{H}$ est une fonction analytique de t :

$$\mathcal{H} = H + \alpha_1 t + \ldots + \alpha_n t^n + \ldots,$$

en nous limitant toutefois aux solutions analytiques

$$U = a_0 + a_1 t + \ldots + a_n t^n + \ldots,$$

nous bornant ici à un bref résumé que nous développerons par ailleurs.

Cas particulier où $\mathcal{H}$ commute avec $\int \mathcal{H}\, dt$. — La première méthode de résolution à appliquer est celle de transformation en posant $U = e^X$ et $X = X(t)$ et prenant X pour nouvelle inconnue. On trouve alors

facilement :

$$X = \frac{1}{\varkappa}\int \mathcal{H}\,dt, \qquad U = e^{\frac{1}{\varkappa}\int \mathcal{H}\,dt}.$$

Cette solution n'est valable que si $\mathcal{H}$ commute avec $\int \mathcal{H}\,dt$ par suite de la condition de commutation entre X et $\frac{dX}{dt}$ exigée pour l'application de la règle de dérivation de fonction de fonction. Elle est remplie, en particulier, si $\mathcal{H}$ est indépendant de t. Dans le cas de la mécanique non relativiste, où l'on a $\mathcal{H} = a\Delta + V$, V dépendant de t et des variables sur lesquelles opère Δ, on trouve que la commutation a lieu seulement si $V = V_0 + f(t)$, V_0 ne dépendant pas de t.

Cas général. — Lorsque $\mathcal{H}$ dépend d'une façon quelconque de t, on peut obtenir la solution de l'équation (1) sous forme d'une série entière de t.

Existence de solutions analytiques. — Il existe une fonction $U(t)$ *analytique et une seule satisfaisant à l'équation* (1) *lorsque la valeur à l'instant initial* $U(0)$ *est donnée* $[U(0) = a_0]$ *et que t commute avec* a_0, H *et tous les* α. *Lorsque ces commutations n'ont pas lieu, il n'existe pas de fonction analytique* $U(t)$ *satisfaisant à l'équation* (1).

En formant le produit $\mathcal{H}U$, on voit qu'il est nécessaire de supposer que t commute avec les a_n pour pouvoir identifier les termes de degré n en t dans les deux membres de (1). On trouve alors

$$(2) \qquad a_{n+1} = \frac{1}{(n+1)\varkappa}(H a_n + \alpha_1 a_{n-1} + \ldots + \alpha_p a_{n-p} + \ldots + \alpha_n a_0).$$

Cette formule permet de calculer successivement tous les coefficients de la série $U(t)$.

Il en résulte que *le coefficient* a_n *est une somme de termes homogènes à* H^n, *en considérant* α_i *comme homogène à* H^{i+1}, et que a_n *est une somme de termes de la forme*

$$(3) \qquad C\left(\frac{H}{\varkappa}\right)^u \frac{\alpha_i}{\varkappa}\left(\frac{H}{\varkappa}\right)^v \frac{\alpha_j}{\varkappa}\cdots\left(\frac{H}{\varkappa}\right)^z a_0.$$

Par suite de l'homogénéité, en désignant par q le nombre de coefficients α figurant dans le terme considéré, on a la relation

$$(4) \qquad n = u + v + \ldots + z + i + j + \ldots + q.$$

La forme des coefficients a_n montre que la commutation de t avec les a_n a lieu si t commute avec a_0, H et tous les α_i (conditions toujours remplies en mécanique quantique). Donc, dans ce cas seulement, il existe une fonction $U(t)$ analytique et une seule lorsque a_0 est fixé.

Recherche de la solution. — Supposons les conditions de commutation pour t remplies. On trouve d'abord que q est au plus égal à $\frac{n}{2}$ ou $\frac{n-1}{2}$ suivant que n est pair ou impair. Ensuite nous introduisons les fonctions ${}^q\mathcal{F}_n$ formées par la somme de tous les termes dont a_n est composé, qui contiennent q coefficients α, puis les fonctions ${}^qf_n^{i\ldots p}$ qui sont formées par la somme de tous les termes de ${}^q\mathcal{F}_n$ dont les indices des α sont rangés dans l'ordre $i\ldots p$. Donc

$$(5)\qquad a_n = \sum_{q=0}^{q\leq\frac{n}{2}} {}^q\mathcal{F}_n a_0,$$

$$(6)\qquad {}^q\mathcal{F}_n = \sum_{i,j,\ldots,p} {}^qf_n^{i,j,\ldots,p},$$

et, d'après la forme des termes déjà indiquée (3),

$$(7)\qquad {}^qf_n^{i,j,\ldots,p} = \sum_{u,v,\ldots,z} C\left(\frac{H}{\varkappa}\right)^u \frac{\alpha_i}{\varkappa}\left(\frac{H}{\varkappa}\right)^v \frac{\alpha_j}{\varkappa}\cdots\left(\frac{H}{\varkappa}\right)^y \frac{\alpha_p}{\varkappa}\left(\frac{H}{\varkappa}\right)^z.$$

On trouve que i peut varier de 1 à $n-2q+1$; j de 1 à $n-2q+1-i, \ldots$; et u de 0 à $n-i-j-\ldots-p-q$; v de 0 à $n-i-j-\ldots-p-q-u, \ldots$, et z se trouve fixé par (4) à $n-i-j-\ldots-p-q-u-v-\ldots-y$. Il reste à calculer les coefficients C que nous affectons d'indices : celui des formules (3) et (7) sera désigné par ${}^qC_{n\;u,v,\ldots,y,z}^{i,j,\ldots,p}$.

De la relation (2) on tire une formule de récurrence entre les fonctions $\mathcal{F}$; puis, de celle-ci, une autre entre les fonctions f qui conduit à deux formules de récurrence pour les coefficients C, d'où résulte

$$\begin{aligned}{}^qC_{n\;u,v,\ldots,y,z}^{i,j,\ldots,p} = \frac{1}{n!}(n-u-1)(n-u-2)\ldots(n-u-i).(n-u-i-v-2)\ldots \\ \ldots(n-u-i-v-j-1)\ldots(n-u-i-v-j-\ldots-y-p-q+1).\end{aligned}$$

Conclusion. — Nous avons obtenu l'expression du coefficient C des termes figurant dans les fonctions f; par sommation nous obtenons ensuite f et $\mathcal{F}$ et, de là, a_n, d'où l'expression de $U(t)$

$$U(t) = \sum_{n=0}^{n=\infty}\left\{\sum_{q=0}^{q\leq\frac{n}{2}} \sum_{\substack{i=1\\ j=1\\ \cdots\cdots}}^{\substack{\cdots\cdots\cdots\cdots\\ j=n-2q+1-i\\ i=n-2q+1}} \sum_{\substack{u=0\\ v=0\\ \cdots\cdots}}^{\substack{\cdots\cdots\cdots\cdots\\ v=n-i-j-\ldots-p-q-u\\ u=n-i-j-\ldots-p-q}} {}^qC_{n\;u,v,\ldots,z}^{i,j,\ldots,p}\left(\frac{H}{\varkappa}\right)^u\frac{\alpha_i}{\varkappa}\left(\frac{H}{\varkappa}\right)^v\frac{\alpha_j}{\varkappa}\cdots\frac{\alpha_p}{\varkappa}\left(\frac{H}{\varkappa}\right)^z\right\} a_0 t^n.$$

Ce résultat rend applicable la méthode du calcul opérationnel au cas de champs variables. Dans l'expression de $U(t)$, nous pouvons faire sortir des Σ les termes pour lesquels $q = 0$. On a alors

$$U(t) = \left[e^{\frac{H}{\varkappa} t} + \sum_{n=0}^{n=\infty} \sum_{q=1}^{q \leqq \frac{n}{2}} {}^{q}\mathcal{F}_n t^n \right] a_0.$$

Le terme exponentiel est celui qui existerait seul si $\mathcal{H}$ était constant.

MÉCANIQUE. — *Les boulons à resserrage automatique.* Note [1] de M. **A. Grebel**, présentée par M. Kœnigs.

Dans leurs applications les plus modernes, les boulons sont souvent soumis à de fortes vibrations, et aussi à des chocs violents. Étant donné les conséquences graves (accidents ou dislocations prématurées) que peut avoir le desserrage d'un écrou, la question mériterait d'être étudiée avec plus d'attention et de méthode qu'elle ne l'a été jusqu'à présent.

Les innombrables inventeurs d'écrous (et accessoires d'écrou) dits indesserrables ne visent généralement au fond qu'à les immobiliser sur la tige du boulon ou à les rendre indévissables sans qu'un opérateur intervienne. Cependant le point important est de maintenir exactement en place les pièces boulonnées.

Le plus fréquemment, le boulon sert à bloquer ces pièces en un assemblage démontable et remontable à volonté; il est rare qu'il remplisse un rôle d'axe d'articulation. Il doit donc, généralement, presser les pièces entre elles de manière qu'elles vibrent ensemble et avec lui comme un tout, sans que les variations momentanées des efforts axiaux puissent provoquer leur desserrage, sans que des efforts latéraux puissent les faire glisser ou tourner les unes sur les autres. Il ne doit supporter que des contraintes à la traction et, au moment des vissages ou dévissages, à la torsion, n'amenant pas de déformations permanentes, ce qui n'est pas toujours réalisé.

Quand, sous l'effet de trépidations, de dilatations etc., on laisse prendre le moindre jeu, même intermittent, à des pièces boulonnées, ce jeu va rapidement croissant. Le boulon, qui tourne et danse dans son trou, use, martelle

[1] Séance du 28 septembre 1931.

et mate les surfaces en contact avec sa tête et son écrou ainsi que les faces portantes de ceux-ci. Subissant des chocs grandissants, il finit par s'allonger. Si l'écrou ne s'échappe pas, le serrage est cependant compromis.

L'examen du processus du desserrage du boulon montre que celui-ci devrait, pour donner satisfaction dans ses utilisations modernes : rattraper le jeu accidentel au fur et à mesure qu'il se produit; ramener instantanément en contact, d'une part, les faces de la tête et de l'écrou avec les surfaces des deux pièces extrêmes et, d'autre part, les surfaces des différentes pièces entre elles; absorber les vibrations : maintenir un effort de traction axial, minimum, suffisant sur la tige; agir non sous l'effet d'un accroissement momentané de cet effort, mais quand celui-ci tombe en dessous du minimum; ne pas dépasser pour ledit effort la limite de résistance élastique du métal.

Aucun des systèmes existants ne réalise ce programme élémentaire de façon complète.

Indiquons ceux qui s'en éloignent le moins : les boulons à resserrage automatique préventif, se produisant lorsque l'extension de la tige augmente, peuvent exagérer la traction axiale. Les rondelles-ressorts à compensation élastique du jeu n'assurent pas un blocage permanent des pièces.

On se rapproche déjà de la bonne solution avec un compensateur, non élastique de jeu, constitué par deux rondelles en contact par leurs faces comportant des rampes hélicoïdales et dont les autres faces portent des stries radiales qui s'agrippent dans le métal de l'écrou et de la pièce à serrer. Si l'écrou tend à se dévisser, il entraîne la rondelle supérieure dont la rampe glisse en s'élevant sur la rampe de la rondelle inférieure, immobilisée par ses stries.

Pour montrer qu'il serait assez facile de créer des types répondant aux desiderata ci-dessus, les deux suivants pourraient être proposés. L'un utiliserait l'élasticité d'un collier-ressort enserrant deux mâchoires taraudées (à provenir du découpage d'un écrou suivant un plan diamétral) qui se coïnceraient radialement sur la tige filetée; chaque fois que l'effort de traction diminuerait au-dessous d'une certaine valeur, les mâchoires, sollicitées par un ressort puissant, glisseraient sur leur surface d'appui et se contracteraient davantage sur la tige; en adoptant un assez grand pas, la pénétration supplémentaire des sommets des filets de l'écrou dans les creux des filets de la vis se traduirait par un rattrapage sensible du jeu. L'autre utiliserait l'élasticité d'un ressort plat en hélice ou en spirale, qui, prenant appui sur la tige filetée, rainurée, s'opposerait au desserrage de l'écrou

crénelé et tendrait même à le resserrer par un effort tangentiel approximativement constant.

Il est à souhaiter qu'au lieu de multiplier notamment les types d'écrous fendus à partie tronconique serrée par une frette, les constructeurs s'orientent dans la voie que nous venons de préciser. Les seuls boulons vraiment indesserrables par eux-mêmes seront ceux qui maintiendront un serrage minimum permanent, en n'intervenant que lorsque la traction sur la tige tend à diminuer.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur la théorie moléculaire des phénomènes électro-optiques.* Note (¹) de M. **R. de Mallemann**, transmise par M. A. Cotton.

Un corps quelconque est toujours hétérogène, à l'échelle des intervalles atomiques, mais ses propriétés locales *sensibles* sont les effets moyens des propriétés individuelles d'un certain nombre d'atomes, compris dans un volume très petit, par rapport à l'échelle de nos sens, mais fini. La théorie analytique assimile ce volume à un infiniment petit mathématique, ce qui permet d'exprimer les propriétés sensibles par des fonctions continues des coordonnées des points du corps. La théorie moléculaire considère les dimensions finies de ces éléments de volume : elle analyse leur contenu matériel, c'est-à-dire leur configuration interne, et prétend évaluer les propriétés moyennes d'un élément à partir des propriétés de chacun des atomes inclus. La jonction des deux théories est réalisée par les paramètres scalaires et vectoriels ainsi calculés. Un corps est *pratiquement* homogène si ces paramètres moyens sont identiques pour tous les éléments de volume, ce qui implique la possibilité de diviser l'espace total occupé par le corps (ou une région assez grande) en éléments cellulaires ou mailles, dont les dimensions conduisent à la mesure du degré d'homogénéité du corps. Chaque élément renferme, en général, plusieurs atomes, la configuration interne de la maille (rapportée à des repères fixes), variant d'un élément à l'autre, sinon le corps est cristallisé. La notion d'homogénéité implique donc une périodicité, mais *seulement* par rapport aux propriétés moyennes de la maille; dans l'état cristallisé, il y a *en outre* périodicité de la configuration interne, autrement dit, le polyèdre figuré par les atomes dans une maille est repro-

(¹) Séance du 28 septembre 1931.

duit identiquement d'une maille à l'autre, en grandeur et *orientation*. Les propriétés sensibles d'un corps homogène seront donc homologues des propriétés de ses mailles ou *éléments d'homogénéité*, inaccessibles à l'observation directe; ces propriétés peuvent ainsi s'exprimer en fonction des paramètres caractéristiques des atomes et de leurs distances mutuelles. Quand la configuration interne de la maille ne change pas [1], et que son orientation seule varie d'un instant à l'autre, chaque groupe d'atomes constitue un ensemble nettement différencié, de structure définie : c'est la *molécule physique* [2]. Ce cas correspond à l'état *fluide* (en équilibre thermodynamique), dans lequel le réseau d'homogénéité est nécessairement cubique. Dans un solide la définition de la molécule est, *a priori*, arbitraire, le contenu d'une maille pouvant être considéré comme une molécule plus ou moins complexe, qu'il est loisible de diviser en molécules simples. J'appellerai néanmoins molécule, pour abréger, tout groupe d'atomes de configuration invariable, mais sans attribuer à ce mot le sens restreint de la chimie.

Les phénomènes physiques qui montrent avec le plus de sensibilité et de précision l'hétérogénéité essentielle de la matière sont les phénomènes électro-optiques, connexes de la propagation de la lumière.

Les théories font dépendre ces effets d'un vecteur fondamental, la *polarisation* ou moment électrique d'un élément de volume. Le rôle de la théorie *moléculaire* est de calculer ce vecteur en grandeur, direction et *position* dans la maille, à partir de la configuration interne et des paramètres atomiques. Corrélativement, cette théorie conduit à une définition quantitative de la symétrie ou de la dissymétrie *vraie* du milieu (non pas seulement du réseau fictif); elle précise ainsi la notion d'hémiédrie et lève certaines indéterminations qui subsistaient dans la théorie classique (orientation des axes principaux dans les assemblages monocliniques ou asymétriques).

Considérons une molécule (polyèdre de forme et de dimensions déterminées), dans un champ électrique *uniforme*, d'intensité donnée h. Chaque atome se polarise d'une manière plus ou moins complexe, qui dépend en général : a) de la susceptibilité propre de l'atome; b) des susceptibilités de tous les autres atomes; c) de la configuration du groupe. La susceptibilité

(1) Au moins, en moyenne, les déformations vibratoires restant petites par rapport aux distances des atomes.

(2) Il peut exister des sous-groupes de forme distincte, auquel cas le corps renferme plusieurs espèces de molécules physiques, etc.

totale de *chaque atome*, *dans la molécule*, peut être décomposée en deux parties distinctes : 1° une susceptibilité *tensorielle* ou *symétrique*, mesurée par un tenseur symétrique, donc par trois paramètres indépendants; ce tenseur admet trois directions principales rectangulaires, mais ces directions diffèrent, en général, d'un atome à l'autre; 2° une susceptibilité *vectorielle* ou *dissymétrique* mesurée par un vecteur $\vec{d}$; elle définit un déplacement qui est *toujours* normal au champ imposé.

La polarisation *moléculaire*, rapportée à des axes quelconques, est néanmoins, *dans tous les cas*, symétrique; il existe donc toujours au moins trois *directions* principales *moléculaires*, suivant lesquelles la polarisation résultante est parallèle au champ. On doit seulement conclure que les diverses composantes atomiques, *normales*, se groupent en un système de *couples* dont le moment résultant peut être *nul ou non* (¹). Ces couples élémentaires sont de deux espèces : 1° les couples symétriques ou *couples d'anisotropie*; ils dépendent des susceptibilités tensorielles, s'annulent quand le champ est parallèle à une direction principale *atomique* et changent de sens de part et d'autre; 2° les couples dissymétriques ou *couples rotatoires*; ils dépendent des susceptibilités vectorielles, peuvent s'annuler suivant *certaines* directions, mais sans changer de signe.

Ceci posé, je me borne ici à l'indication des résultats généraux :

1° Quand la molécule possède au moins deux plans de symétrie, la polarisation moléculaire se réduit à un *vecteur unique*, *passant par un point fixe*, quelle que soit la direction du champ. Ce point ne coïncide pas nécessairement avec le centre de figure : on peut l'appeler *centre de polarisation* de la molécule.

2° Quand la molécule est asymétrique, la polarisation moléculaire se compose de *deux vecteurs*, une résultante et un couple, dont l'axe est dirigé

(¹) Il ne faut pas confondre ces moments de polarisation, avec le moment électrique constitué par la résultante $\vec{P}$, ni avec le moment du couple mécanique qui pourrait résulter de ce moment électrique. Un couple de polarisation correspond à deux couples mécaniques égaux et contraires, appliqués à des atomes différents, c'est-à-dire à une torsion de la molécule. La rigidité de l'assemblage ne pouvant être parfaite, les molécules asymétriques seront un peu déformées, dans un champ électrique, leurs éléments tendant à s'orienter séparément. (J'ai essayé d'expliquer ainsi la biréfringence électrique du quartz.) Ce sont précisément ces couples de déplacements qui déterminent une polarisation différentielle supplémentaire, *quand le champ n'est pas rigoureusement uniforme*, ce qui est le cas des ondes propagées.

suivant la résultante, c'est-à-dire un *torseur*. La directrice (axe central), ne passe pas, en général, par un point fixe.

La théorie moléculaire de la polarisation et des phénomènes connexes se rattache ainsi directement à la *géométrie des systèmes de droites;* en particulier, le rôle capital du *tétraèdre*, au point de vue de l'activité optique, est une conséquence du théorème bien connu de Chasles, qui exprime le sens géométrique de l'*automoment.*

RADIOACTIVITÉ. — *L'absorption des rayons gamma pénétrants par des écrans de plomb de* 12 *à* 30^{cm}. Note [1] de MM. **A. Piccard**, **E. Stahel** et **F. Dony**, transmise par M. Pierre Weiss.

Il était intéressant à plusieurs points de vue de connaître la loi d'absorption des rayons gamma du RaC par de forts écrans de plomb.

Pour être à l'abri de différentes causes d'erreur nous avons utilisé une méthode de mesure qui diffère de la méthode employée généralement.

On intercale sur le trajet des rayons gamma des écrans de plomb, dont les épaisseurs varient de 12 à 30^{cm}. En outre, on peut interposer un filtre de mesure de 1^{cm}5 de Pb en une position bien déterminée. Pour chaque épaisseur de l'écran principal on mesure *l'absorption relative*, *produite par ce filtre de mesure*, c'est-à-dire qu'on détermine le rapport des deux courants d'ionisation mesurés avec et sans filtre.

L'écran le plus fort, laissant passer moins d'un millionième de rayons gamma primitifs, nous avons travaillé, pour obtenir une bonne sensibilité, avec une préparation de 6^{gr} de radium élément, appartenant au *Radium belge*.

Deux séries de mesures ont été effectuées avec des dispositifs complètetement différents et l'on a trouvé que *l'absorption relative du filtre de mesure est la même pour toutes les épaisseurs employées*. Aucune composante ultra-pénétrante qui accompagnerait, même en une proportion minime, les rayons gamma ordinaires ne s'est donc manifestée.

Ce résultat, combiné au fait qu'à 16000^{m} d'altitude on a pas trouvé de rayons gamma, s'oppose à l'hypothèse d'après laquelle les rayons cosmiques seraient la partie pénétrante d'une manifestation radioactive ordinaire.

---

[1] Séance du 28 septembre 1931.

D'autre part, les rayons gamma du RaC n'étant pas homogènes, on pouvait s'attendre à obtenir par sélection une radiation de plus en plus pénétrante en fonction de l'épaisseur de l'écran. Ce durcissement n'a pas été observé; il doit donc avoir été compensé par un autre phénomène, qui pourrait être du domaine de la diffraction nucléaire.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les forces électromotrices développées entre le silicium et quelques substances dans les solutions d'acide fluorhydrique, d'acide sulfurique ou de soude.* Note de M. **Ch. Bedel**, présentée par M. A. Béhal.

Nous avons indiqué (1) que le silicium placé dans une solution d'acide fluorhydrique à 30 pour 100 était électropositif par rapport au plomb, au fer, au zinc, au magnésium, à l'aluminium et électronégatif vis-à-vis du platine, de l'argent et du cuivre.

Nous avons développé ces résultats en mesurant la force électromotrice produite dans des piles constituées par du silicium et quelques substances plongées dans des solutions soit d'acide fluorhydrique à diverses concentrations, soit d'acide sulfurique ou de soude normale.

Nous avons adopté pour cette détermination la méthode d'opposition en utilisant comme étalon un élément Weston.

Dans l'acide fluorhydrique à la concentration de 13,70 pour 100 le silicium ne renfermant que 0,1 pour 100 de fer a donné les résultats ci-dessous exprimés en volts. Dans le tableau qui les résume, le signe + indique que la substance examinée est électropositive par rapport au silicium.

Silicium en présence de	Échantillons I.	II.	III.
Platine	+0,5087	0,6349	0,5860
Argent	+0,4817	0.5494	0,4761
Graphite	+0,4243	0,4273	0,4371
Cuivre	+0,2930	0,3785	0,3223
Nickel	+0,1122	,1030	0,0976
Fer	−0,1505	0,1352	0,1318
Plomb	−0,1793	0,1372	0,1587
Étain	−0,2791	0,2368	0,2368
Zinc	−0,6370	0.6097	0,6349

(1) Ch. Bedel, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1294.

La concentration en acide ne semble pas exercer d'influence. Ainsi, avec des piles silicium-platine, nous avons obtenu :

Concentration en FH.	Volts.
36.6 %	0,4841
13,7	0,4890
4,9	0,4767

Les différences observées sont donc moindres que celles enregistrées pour une même concentration en acide avec des échantillons différents de silicium. Il en a été de même avec des électrodes constituées par les autres substances que nous avons étudiées.

Si l'électrolyte est formé par de l'acide sulfurique de concentration normale, la place occupée par le silicium dans la série des tensions est différente. Les valeurs des forces électromotrices varient parfois notablement selon les échantillons de silicium, ainsi que le prouve le tableau ci-dessous :

Silicium en présence de	Échantillons		
	I.	II.	III.
Graphite	+0,2741	0,3892	0,2977
Platine	+0,2448	0,2252	0,2496
Argent	+0,0979	0,1517	0,0821
Cuivre	−0,0856	0,0559	0,0748
Nickel	−0,2056	0,1456	0,1717
Plomb	−0,4773	0,3978	0,3973
Fer	−0,5263	0,4675	0,5249
Étain	−0,5532	0,4651	0,5519
Zinc	−0,9963	0,9669	1,0106

Avec la soude normale comme électrolyte, la mesure des forces électromotrices nous a conduit à des chiffres encore moins concordants. On peut toutefois en conclure que, dans ce liquide, le graphite, l'argent, le platine, le nickel, le fer et le cuivre sont électropositifs. Le plomb est électronégatif, l'étain l'est également, le zinc l'est encore davantage.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les hydrocarbures colorés : un hydrocarbure violet*, $C^{36}H^{22}$. Note de MM. **Charles Dufraisse** et **Marius Badoche**, présentée par M. Delépine.

Les hydrocarbures colorés ne sont pas de simples curiosités de laboratoire : leur étude contribue à préciser nos connaissances sur les causes qui règlent la formation des couleurs dans les molécules. On leur doit aussi de remarquables progrès dans les industries qui fabriquent ou utilisent les matières colorantes. De plus, récemment, dans un autre domaine, en biologie, le carotène et ses analogues ont appelé l'attention, sous un jour nouveau, sur la question des hydrocarbures colorés. Pour ces diverses raisons, un grand intérêt s'attache à la recherche de la coloration chez les corps constitués uniquement de carbone et d'hydrogène.

Il est relativement facile, avec les données actuelles, de réaliser des structures capables de conférer une teinte jaune aux hydrocarbures, et, de fait, on connaît maintenant un certain nombre de ces corps. Mais la difficulté s'accroît démesurément quand on veut « approfondir » la teinte, c'est-à-dire obtenir du rouge et surtout des couleurs telles que le violet. Ces dernières, si couramment réalisées chez les composés ternaires, sont une rareté chez les hydrocarbures.

Au cours de nos études sur le rubrène et spécialement sur le corps appelé provisoirement déphénylorubrène [1], nous avons eu l'occasion de préparer un hydrocarbure, de composition relativement simple $C^{36}H^{22}$, qui est doué d'une magnifique coloration violette.

La préparation revient à enlever deux atomes d'hydrogène au déphénylorubrène $C^{36}H^{24} - H^2 = C^{36}H^{22}$. On y parvient par divers procédés; nous allons décrire parmi eux celui qui éclaire le mieux la constitution.

On traite simplement à l'ébullition par une solution d'alcoolate de sodium, l'iododéphénylorubrène I (1) : $C^{36}H^{23}I = C^{36}H^{22} + HI$. Les rendements atteignent 96 pour 100 de la théorie. Après purification, on obtient des cristaux marron très foncé, fondant à 270°-271° au bloc Maquenne, assez solubles dans le benzène à froid et la ligroïne à chaud.

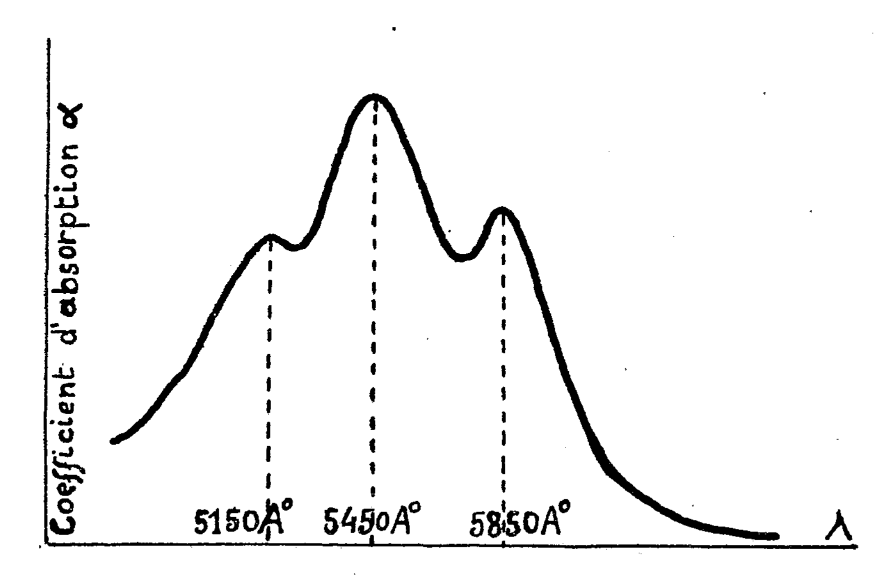
Les solutions, quand elles sont concentrées, ont une teinte bordeaux violacé, diluées (par exemple à 1/100 000) elles sont franchement violettes et

---

[1] Ch. Dufraisse et M. Badoche, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 242.

leur aspect rappelle celui d'une solution de permanganate de potassium trois fois plus concentrée, elles ne sont pas fluorescentes. Elles absorbent l'oxygène à la lumière en se décolorant.

Le spectre d'absorption ci-dessous possède trois bandes dont les maxima se trouvent respectivement à 5850 Å, 5450 Å et 5150 Å.



La constitution, II, ressort de la réaction de formation. L'atome d'hydrogène qui s'élimine avec l'iode sous forme d'acide iodhydrique ne peut être pris qu'à un noyau benzénique; l'atome d'iode n'étant pas fixé à un noyau, il en résulte nécessairement une nouvelle cyclisation, représentée par le schéma ci-dessus, où l'un des trois noyaux phényliques du déphényloru-brène a été développé afin de montrer le mécanisme de la transformation.

H I C^6H^5 C^6H^5 —HI C^6H^5 C^6H^5

I. — Iododéphénylorubrène (rubrène moins un phényle).

II. — Hydrocarbure violet.

Le nouveau corps serait donc, suivant que l'on en considère la formule dans le sens horizontal ou dans le sens vertical, soit un phénylènediphényldibenzobifulvène, soit un dérivé de la naphtoquinone.

Cette formule suffit à expliquer la « profondeur » de la coloration. On voit en effet, tout d'abord, que toutes les doubles liaisons sont en conjugaison, de plus le groupement dibenzobifulvénique, fortement coloré, du rubrène se trouve conservé, mais il a reçu l'appoint d'un groupement naphtoquinonique (sens vertical de la formule), enfin les diverses parties isolément chromophoriques se trouvent reliées entre elles par des cyclisations, circonstance accentuant, comme on le sait, l'effet colorigène de l'ensemble.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Azométhines de l'homophtalimide et de ses dérivés N-arylés.* Note de MM. **André Meyer** et **Robert Vittenet**, présentée par M. A. Desgrez.

Les *homophtalimides* présentant un groupement CH^2 doué de propriétés réactionnelles, il était intéressant d'étudier leurs produits de condensation avec des *nitrosamines aromatiques*, telles que la paranitrosodiméthylaniline, ou des *nitrosamines hétérocycliques* comme la nitroso-antipyrine, afin de connaître leurs propriétés et notamment leurs colorations.

Ces *azométhines* s'obtiennent d'après l'équation

$$C_6H_4\begin{cases}CH^2-CO\\CO-N-Ar\end{cases} + R-NO \rightarrow C_6H_4\begin{cases}C{=}N-R\\ \quad -CO\\CO-N-Ar\end{cases} + H^2O$$

où Ar, radical aromatique, peut être remplacé par H.

On dissout à chaud dans l'alcool, éthylique ou méthylique, des quantités équimoléculaires de dérivé nitrosé et de l'imide hétérocyclique, et l'on mélange les deux solutions. Au bout de quelques instants, la condensation est terminée; elle peut être accélérée par un chauffage modéré au bain-marie. La fin de la réaction est indiquée par le changement très net de la coloration initiale. On isole les azométhines et on les fait recristalliser dans des solvants appropriés, avec des précautions spéciales.

Nous avons condensé l'homophtalimide avec la *p-nitrosodiméthylaniline*, *la p-nitrosodiéthylaniline*, la *nitroso-antipyrine* et la *nitrosoparatolylpyrine*,

les N-*phényl-p-tolyl-α-naphtyl* et *β-naphtylhomophtalimides* avec la *nitroso-antipyrine*.

Tous ces composés sont assez délicats : déjà, une ébullition un peu prolongée, même dans un solvant neutre, les altère fortement. En présence d'un acide dilué, même l'acide acétique, à chaud, ils sont hydrolysés. L'addition des éléments de l'eau, se faisant sur la double liaison $C = N$, on obtient, comme dans le cas général, une cétone et l'amine $R - NH^2$, correspondant au dérivé nitrosé. Cette réaction d'hydrolyse nous a permis de préparer d'une manière satisfaisante la *phtalone-imide* et ses dérivés N-arylés. Nous étudions ces cétones hétérocycliques, dont il n'existait jusqu'ici aucun mode de préparation générale, et dont l'étude est en cours.

On peut, pour la nomenclature, suivant un usage courant, considérer ces azométhines comme dérivant de l'iminophtalonimide :

C=NH
CO
N—H
CO

La *p-diméthylaminophényl-iminophtalonimide*, $C^{17}H^{15}O^{2}N^{3}$, préparée à partir de la nitrosodiméthylaniline et de l'homophtalimide, constitue de fines aiguilles bleues, P. F. 243°, solubles en violet foncé dans l'alcool, l'acétone, le chloroforme; les solutions sulfuriques sont orangées; l'addition d'alcali à une solution alcoolique la fait virer au rouge foncé, mais il y a, presque aussitôt, hydrolyse et décoloration.

La *p-diéthylaminophényl-iminophtalonimide*, $C^{19}H^{19}O^{2}N^{3}$, forme des aiguilles bleu mordoré, un peu moins sensibles à la chaleur que les précédentes, P. F. 196-197°. Leurs propriétés sont analogues, vis-à-vis notamment des solvants usuels.

L'antipyryl-iminophtalonimide, $C^{20}H^{16}O^{3}N^{4}$, obtenue à partir de la nitroso-antipyrine, P. F. 224-225° (déc.), très soluble à chaud dans l'alcool, l'acétone, le chloroforme, insoluble dans l'éther de pétrole et le benzène, forme de fins cristaux rouge foncé, solubles en rouge intense dans les solvants précités. Sa solution sulfurique, rouge orangé, est décolorée par addition d'eau. L'hydrosulfite de sodium, à chaud, réduit la solution alcoolique; la coloration réapparaît par oxydation sous l'influence de l'air.

La *p-tolylantipyryl-iminophtalonimide*, $C^{21}H^{18}O^{3}N^{4}$, P. F. 227-228°, possède des propriétés analogues à celles de son homologue.

L'antipyryl-imino-phtalone-N-*phénylimide*, $C^{26}H^{20}O^{3}N^{4}$, P. F. 210°, pro-

duit de condensation de la nitroso-antipyrine avec la N-phénylhomophtalimide; recristallisé dans l'alcool additionné de ligroïne, il se présente en superbes cristaux rouge groseille; ses solutions sont hydrolysées à froid par addition d'acide dilué.

L'*antipyryl-imino-phtalone*-N-*p-tolylimide*, $C^{27}H^{22}O^3N^4$, P. F. 223-224° (produit de condensation de la nitrosoantipyrine avec la N-*p*-tolylhomophtalimide), se présente sous forme de fins cristaux rouges, très sensibles à la chaleur, très solubles dans les dissolvants usuels (à l'exception de la benzine et de la ligroïne), facilement hydrolysables sous l'influence des acides dilués, et se prêtant particulièrement bien à la préparation de la *p*-tolyl-N-phtalone-imide.

L'*antipyryl-imino-phtalone*-N-*α-naphtylimide*, $C^{30}H^{22}O^3N^4$, produit de condensation de la nitroso-antipyrine avec l'α-naphtyl-N-homophtalimide), constitue de fines aiguilles feutrées rouge sombre, P. F. 239-240° (déc.), peu solubles dans l'alcool à froid, très solubles à chaud, solubles facilement dans l'acétone ou le chloroforme; SO^4H^2 donne une coloration brun rouge, qui vire au jaune clair par dilution.

L'*antipyryl-imino-phtalone*-N-*β-naphtylimide*, $C^{30}H^{22}O^3N^4$, P. F. 180-181° (déc.), est très sensible à l'action de la chaleur et s'altère fortement par simple ébullition dans l'alcool éthylique : pour la préparer, on opère en milieu méthylalcoolique, et on la fait recristalliser dans ce solvant. On obtient de fines lamelles rouge clair, donnant une solution sulfurique orangé foncé, s'hydrolysant à froid par dilution.

Les propriétés générales et la coloration des azométhines préparées avec la nitroso-antipyrine les rapprochent ainsi des *acides rubazoniques mixtes* et de l'*acide purpurique*, dont la constitution leur est comparable.

MINÉRALOGIE. — *Déshydratation des hydrates ferriques naturels* (¹). Note de M. S. Goldsztaub, présentée par M. Wallerant.

L'hydrate ferrique est connu sous deux formes bien cristallisées : la goethite et la lépidocrocite, toutes deux orthorhombiques, dont j'ai déter-

---

(¹) J'avais différé la publication de cette Note parce qu'il reste encore des points à préciser. Mais ayant appris que des recherches analogues poursuivies au *National Physical Laboratory* font l'objet d'un Mémoire actuellement sous presse, il m'a paru convenable de publier mes résultats.

miné les paramètres sur des cristaux isolés, provenant des gisements classiques de Cornwall (goethite) et Siegen (lépidocrocite) :

Goethite.................	$a = 4,64$ Å	$b = 10,0$	$c = 3,03$
Lépidocrocite............	$a = 3,87$	$b = 12,4$	$c = 3,06$

Ces résultats sont en bon accord avec ceux de Böhm (¹). J'ai trouvé en outre que la goethite a la symétrie $V_h^{16}\,bnm$ et la lépidocrocite $V_h^1\,mmm$.

La goethite fibreuse d'Alban-la-Fraisse et la lépidocrocite fibreuse de Chizeul donnent les mêmes diagrammes Debye et Scherrer que les cristaux isolés pulvérisés.

Déshydratation d'un cristal isolé de goethite. — Ainsi que l'a signalé Böhm, un cristal de goethite en se déshydratant donne lieu à une pseudomorphose en oligiste, il garde ses formes extérieures et donne aux rayons X des diagrammes de cristal tournant superposables aux diagrammes obtenus avec un cristal d'oligiste. Je ne suis pas d'accord avec Böhm sur l'orientation du produit obtenu. J'ai trouvé que les axes *a*, *b*, *c* de la goethite deviennent respectivement l'axe Λ_3, l'un des axes L_2 et la rangée $[11\bar{2}]$. Si l'on se reporte aux valeurs des paramètres de l'oligiste : $\Lambda_3 = 13,73$; $L_2 = 5,05$ et $[11\bar{2}] = 8,75$ (²), on voit que la distance des nœuds sur Λ_3 de l'oligiste est sensiblement le triple de la distance des nœuds sur l'axe *a* de la goethite; suivant L_2 de l'oligiste elle est sensiblement la moitié de l'intervalle sur l'axe *b*. Il n'y a pas de relation simple entre $[11\bar{2}]$ et *c*. Le cristal de goethite, en se déshydratant, ne donne pas de cristal d'oligiste unique, mais un assemblage de petits cristaux d'oligiste orientés parallèlement, et disposés à 180° les uns des autres, autour de l'axe ternaire.

Déshydratation de la lépidocrocite. — Le lépidocrocite en se déshydratant donne, ainsi que l'ont montré Huggett et Chaudron, un oxyde Fe^2O^3 de même formule que l'oligiste, mais qui s'en distingue par un coefficient d'aimantation très grand (³) (de l'ordre de grandeur de celui de la magnétite).

Malaguti avait déjà préparé un sesquioxyde de fer magnétique en oxydant la magnétite. D'après Welo et Baudisch (⁴) cet oxyde de Malaguti présente une structure très voisine de celle de Fe^3O^4, d'où il provient.

(¹) Böhm, *Z. Krist.*, 68, 1929, p. 567.

(²) Pauling et Hendriks, *J. Amer. Chem. Soc.*, 47, 1925, p. 781.

(³) J. Huggett et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 694.

(⁴) Welo et Baudisch, *Phil. Mag.*, 50, 1925, p. 399.

Il était intéressant de rechercher si cette structure se retrouvait aussi dans l'oxyde Fe^2O^3 provenant de la déshydratation d'un cristal orthorhombique. J'ai effectivement constaté que le sesquioxyde, obtenu en déshydratant la lépidocrocite fibreuse de Chizeul d'une façon progressive (en élevant la température en deux heures jusqu'à 460°), donne le diagramme de la magnétite avec des raies plus ou moins élargies. Son coefficient d'aimantation étant devenu 100 fois plus grand que celui de la lépidocrocite initiale. Ceci paraît démontrer l'existence d'une variété d'un sesquioxyde Fe^2O^3 cubique, magnétique, ayant une structure très voisine de la magnétite, qu'il soit formé ou non à partir de cette dernière.

Introduite brusquement dans un four chauffé à 440°, la lépidocrocite donne encore un produit attirable à l'aimant (50 fois plus magnétique que la lépidocrocite), mais celui-ci donne un diagramme très net d'oligiste rhomboédrique. La stabilité du corps magnétique est considérable. On peut le maintenir à 440° plusieurs dizaines d'heures sans qu'il ne cesse d'être attirable à l'aimant. Cette stabilité est moins grande dans le cas de lépidocrocite provenant d'autres gisements (Siegen, Eiserfeld). On voit que, suivant la rapidité de la déshydratation, les produits magnétiques obtenus donnent des diagrammes différents; on peut expliquer ce fait en admettant qu'il se forme un oxyde de Malaguti cubique, dans un état d'autant plus divisé (donnant par conséquent des raies d'autant plus floues) que la vitesse de déshydratation a été plus grande. Dans le cas d'un chauffage rapide il se formerait déjà au-dessous de 440° une certaine quantité de sesquioxyde stable, dont le diagramme rhomboédrique masquerait les raies floues de l'oxyde cubique. On trouve, en effet, après un chauffage à une température suffisante, comme produit final, l'oligiste rhomboédrique.

Déshydratation d'un cristal isolé de lépidocrocite de Siegen. — Un cristal de lépidocrocite chauffé rapidement ne se désagrège pas et devient attirable à l'aimant. Disposé sur le trajet d'un pinceau de rayons X monochromatiques (rayons K de Fe) il donne sur une plaque perpendiculaire au pinceau un diagramme de taches présentant deux plans de symétrie rectangulaires qui rappelle les diagrammes obtenus par Linnik avec des lames minces de mica déshydratées. La poudre résultant du broyage du cristal de lépidocrocite, déshydratée rapidement à 440°, est également attirable à l'aimant.

GÉOLOGIE. — *Quelques données nouvelles sur le problème de la limite entre le Haut-Atlas et le Moyen-Atlas marocain.* Note (¹) de M. **Jacques Bourcart.**

Le Haut-Atlas marocain, dont la constitution géologique commence à être bien connue, à la suite notamment des travaux récents de MM. Moret, Neltner, Roch, se poursuit en direction WSW-ENE de l'Atlantique aux Hauts-Plateaux algéro-marocains où cette chaîne subit une importante virgation. Au Nord, une autre série de chaînes traverse le Maroc, de la plaine du Tadla ou du pays Zaïan à l'Ouest, à la trouée de la Moulouya à hauteur de Guercif à l'Est. Sa direction est plutôt SW-NE. C'est ce qu'il est convenu d'appeler le Moyen-Atlas.

Dans sa seconde moitié, celle de l'Est, ce système de montagnes est très nettement séparé du Haut-Atlas par le fossé de la Moulouya. Mais, au contraire, dans sa première partie, du Tadla à l'Ayachi, les deux chaînes paraissent se souder l'une à l'autre ou s'écraser l'une contre l'autre, en sorte que quelques voyageurs ont pensé que le Moyen-Atlas pourrait être une branche du Haut-Atlas, détachée de lui par virgation.

Quoi qu'il en soit, la limite entre ces deux systèmes montagneux est très difficile à fixer; la région est très accidentée et très complexe au point de vue orographique. Elle était par surcroît à peu près inconnue, car elle a été longtemps insoumise. Les troupes du colonel de Loustal ne l'ont pacifiée que depuis fort peu de temps et surtout depuis cette année. Il m'a été, cet été, possible d'y glaner quelques faits qui changent peut-être la position du problème.

L'ensemble du Moyen-Atlas était jusqu'ici considéré comme formé essentiellement d'une épaisse série de calcaires liasiques et jurassiques qui dominait la plaine et les plateaux crétacés du Tadla et de la Gada des phosphates. M. E.-F. Gautier, pourtant, dans un voyage où il avait atteint à Ouaouizert la vallée de l'Oued El A'bid, au point même où la traversa le vicomte de Foucault, avait découvert que les couches rouges qui forment cette dépression n'étaient pas triasiques ainsi qu'elles étaient, par renseignements, figurées sur la carte générale de Louis Gentil, mais crétacées, et il avait insisté sur leur caractère désertique. Cette série crétacée s'est révélée au cours des coupes

(¹) Séance du 21 septembre 1931.

de la chaîne que j'ai pu relever cet été, infiniment plus importante que le pensait l'éminent explorateur saharien. Elle est très épaisse et, sauf sa base qui est lagunaire, puis continentale, les dépôts qui la forment ont un caractère essentiellement géosynclinal. J'ai pu suivre le bord de cette bande crétacée de la plaine du Tadla, c'est-à-dire du Djebel R'nim, au-dessus de Béni Mellal, où elle forme un synclinal perché, au Tiziouin, c'est-à-dire au méridien 9^G W de Greenwich, c'est-à-dire presque jusqu'à la longitude de Kénifra. Elle paraît d'ailleurs se continuer vers Arbala, passer légèrement au sud de la région des sources de la Moulouya et par là atteindre le grand fossé où des couches de cet âge ont d'ailleurs été signalées.

De la plaine du Tadla vers le Sud-Est, la coupe est schématiquement la suivante : En contre-bas de la falaise, le dir, que forme le Moyen-Atlas s'étend la vaste plaine du Tadla, formée de calcaires lacustres quaternaires qui reposent sur le Crétacé supérieur de la Gada, recouvrant directement le Viséen de l'Azarar Zaïan.

La falaise, où apparaît quelquefois le Trias, formé des marnes rouges habituelles avec gypse, sel, ophites, et les dolomies jaunes ou roses, très brisées, du Rhétien, est essentiellement formée d'une dolomie grise, très puissante qui doit représenter la base du Lias. Suivent ensuite, formant en général une autre crête, une série de marno-calcaires liasiques à Ammonites, puis un Dogger beaucoup moins profond, à Brachiopodes. Ce dernier terrain contient de très importants *sills* de roches vertes ou de basaltes. Une légère discordance sépare du dernier terme jurassique une série crétacée qui forme la troisième crête et les suivantes avec un pendage toujours dirigé vers le Sud-Est ou vers l'Est. Cette série se compose à la base de marnes blanches ou rouges avec gypse, sel, *sills* de basalte accompagnés de jaspes, puis de grès rouges ou de poudingues à éléments primaires, de marnes rouge sang, avec zones de décoloration vertes. En plusieurs points de cette série s'intercalent des bandes gréseuses à Huîtres. La partie supérieure devient de plus en plus calcaire, puis passe à des calcaires blancs et des marnes crème avec Ammonites qui paraissent se poursuivre longtemps et former la plupart des crêtes du front actuel. L'ensemble se relève et s'appuie sur les premières chaînes élevées du Haut-Atlas, notamment sur le Djebel Bab n Ouyad, qui paraît liasique et de pendage nord-ouest.

Un grand synclinal crétacé séparerait donc le Haut-Atlas du Moyen-Atlas. Son axe serait à peu près jalonné par les vallées de l'Oued El A'bid et de sa tête l'Asif Ouirine, qui prolongent exactement en sens inverse, mais

très en contre-bas la Moulouya dont les affluents de tête ont dû être sans cesse capturés par ceux de l'Oued El A'bid, système plus récent et plus vigoureux.

La transgression cénomanienne qui s'est étendue, comme l'on sait, aussi bien sur le Primaire des Rehamna, de la Chaouïa et du pays Zaïan que sur les plateaux jurassiques des Béni Mguild, succède à une période d'érosion intense dont témoignent les couches continentales de la base du sillon de l'Oued El A'bid.

Le schéma que je trace ainsi est évidemment tout provisoire, et ce sera, j'espère, la tâche de campagnes ultérieures d'en vérifier et d'en préciser les traits.

MÉTÉOROLOGIE. — *Recherches sur la climatologie de l'Ouest Africain Français.* Note de M. **Henry Hubert**, présentée par M. G. Perrier.

Alors que des observations suffisamment nombreuses ont permis de donner une idée d'ensemble correcte de la climatologie de l'Afrique Occidentale Française, il n'avait pas été possible jusqu'à présent de fournir, sur les autres territoires de l'Ouest Africain placés sous l'autorité de la France (Togo, Cameroun, Afrique Équatoriale Française) des renseignements généraux comparables.

La documentation encore trop fragmentaire qu'on possède sur la météorologie de ces régions ne permet pas d'aboutir à des conclusions correctes par la seule utilisation des nombres. Mais la construction de très nombreux graphiques et l'emploi de ceux-ci pour la rectification progressive de cartes ont permis d'acquérir une connaissance solide des principaux éléments du climat, pris mois par mois, et de l'évolution de ces éléments dans le temps. On résumera ici les plus importants des résultats obtenus.

Températures. — On peut diviser la totalité de l'Ouest Africain Français (A. O. F., A. E. F., Togo, Cameroun) en deux grandes zones dont la limite commune se trouve aux environs du 8e parallèle. La zone méridionale a de faibles variations de température (maxima mensuels compris entre 27 et 33°, minima mensuels entre 17 et 23°) imputables surtout à la position du soleil, à la nébulosité, à l'humidité, aux précipitations. La zone septentrionale est celle des fortes variations de température (maxima mensuels 21-47°, minima mensuels 5-30°) dues à la position du Soleil et à l'extension considérable de la masse continentale.

Sur les cartes, cet état de choses se traduit par un déplacement des zones de température élevées très différent de celui qui devrait résulter théoriquement du déplacement apparent du soleil. Ainsi, si la bande des températures minima élevées ($> 20°$) est déjà fortement rejetée au nord de la position qu'elle devrait occuper en latitude, la bande des températures maxima ($> 35°$) l'est encore bien davantage (entre les environs de l'équateur et le 35e lat. N.). De plus, suivant le mécanisme que j'ai déjà indiqué pour l'A. O. F., à partir d'avril au moins et au nord du 8e parallèle, à l'intérieur de ces bandes naissent d'autres bandes de plus en plus chaudes, le tout se déplaçant vers le nord jusqu'en août, puis revenant vers le sud, avec disparition progressive des bandes concentriques, en commençant par les plus chaudes.

Vents. — Les observations faites pour l'A. O. F. s'appliquent à la totalité des territoires considérés. On a reconnu, jusqu'à ce jour, au-dessous de 6000m.

L'*alizé septentrional*, surmonté du contre-alizé dans l'extrême nord, de l'harmattan et du contre-alizé au nord du 17e parallèle nord et dans la zone côtière Mauritanie-Sénégal (ceci pour la période de saison sèche);

L'*harmattan*, entre les environs du 17e parallèle nord et le sud de l'A. E. F. Il souffle au sol en hiver entre sa limite nord et quelques degrés au nord de l'équateur. Dans la partie méridionale de l'A. E. F. et dans la région côtière Mauritanie-Sénégal, il reste généralement localisé en altitude;

La *mousson*, venant surtout du sud-ouest (dans quelques régions, de l'ouest), surmontée de l'harmattan; ceci pour février-novembre dans les régions de l'intérieur à partir du Golfe de Guinée; pour juin-octobre dans le Sénégal et la Mauritanie; pour septembre-juin dans les territoires à partir de la côte de l'A. E. F;

L'*alizé méridional* au sud de la latitude de Douala en été. Cet alizé est très nettement dévié en juin-septembre; il pénètre dans l'intérieur du continent et se transforme pratiquement à cette époque en une mousson du sud-ouest. Il en résulte qu'au sud de l'équateur au moins, on a affaire, en somme, à une mousson qui dure toute l'année;

Les *brises de terre et de mer*.

Précipitations. — Elles se répartissent en deux catégories, les pluies de mousson, qui viennent du secteur ouest et les pluies de grains, qui viennent du secteur est.

Le déplacement de la zone maximal des précipitations ($> 200^{mm}$ par mois), très dissymétrique par rapport à l'équateur à l'ouest du 15e long. E.

Gr. (il a lieu entre le 12e lat. N. et le 5e lat. S. pour cette longitude) se régularise progressivement jusqu'au delà de la limite orientale de l'A. E. F. Cette zone a des valeurs très différentes dans le temps au cours de ses déplacements : les plus fortes s'observent en août pour l'A. O. F., en août-novembre pour l'A. E. F. Aux précipitations en relation, d'ailleurs indirecte, avec le déplacement apparent du soleil, viennent s'ajouter celles dues au relief (Fouta-Djallon, Cameroun, Tibesti, etc.) et celles dues à l'influence des courants ascendants plus vifs au voisinage des côtes perpendiculaires à la mousson (Boulam au Cap des Palmes, Bassam au Cap des Trois-Pointes, delta du Niger, Cameroun). Les zones côtières effacées par rapport à la direction de la mousson ont, au contraire, des précipitations déficitaires.

Variations du temps. — Elles sont toutes en relation avec la substitution, généralement rapide, d'un courant aérien à un autre (alizé à harmattan, mousson à harmattan, ou réciproquement). Les plus importantes sont des grains, orageux le plus souvent, venant du secteur est, et en relation avec la descente brutale au sol de l'harmattan en période d'hivernage.

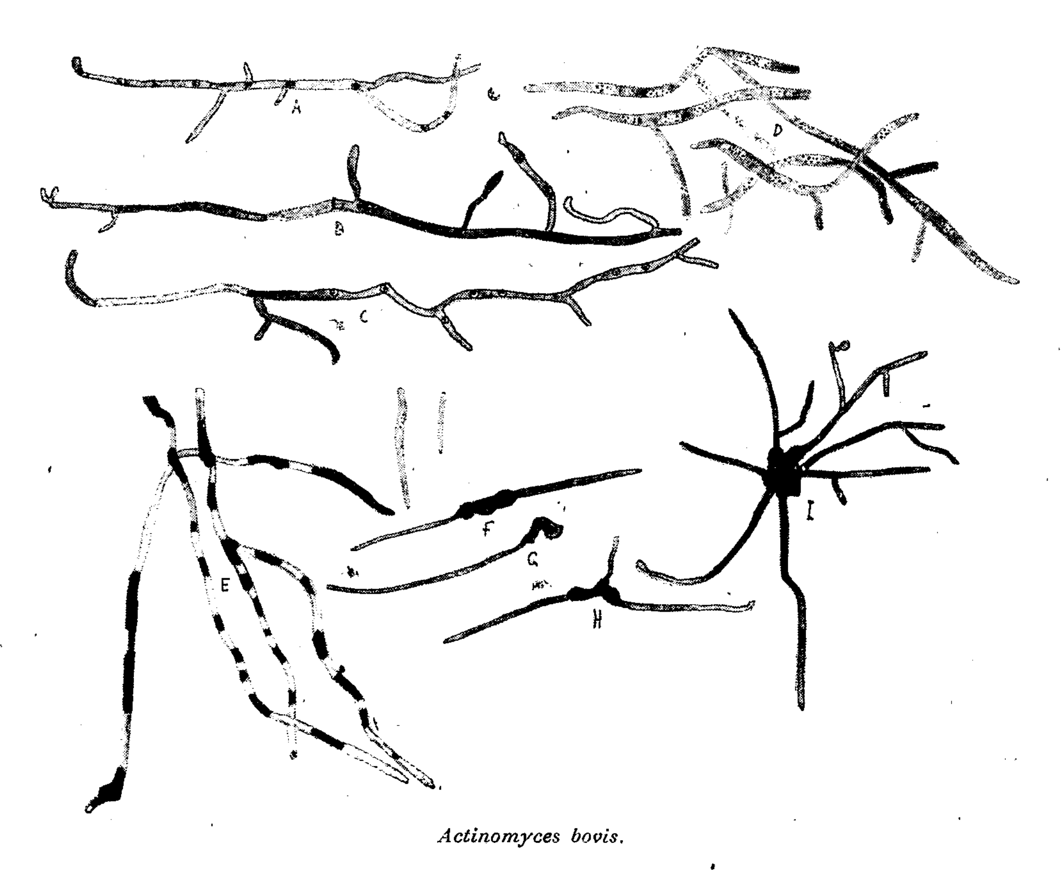
Il a pu être vérifié que les observations générales ci-dessus s'appliquent aux enclaves étrangères comprises dans l'Ouest Africain Français, soit sur une surface dépassant 9 millions de kilomètres carrés.

MYCOLOGIE. — *Morphologie et cytologie des* Actinomyces. Note de M. L. **Grigorakis**, présentée par M. L. Mangin.

Dans le but d'étudier la cytologie des Actinomyces pathogènes, nous avons essayé d'obtenir des formes pléomorphiques de ces microorganismes. Pour cela, des cultures âgées d'*Actinomyces bovis* Harz ont été traitées par l'éther pendant 20 minutes, puis lavées à l'eau stérilisée et réensemencées sur pomme de terre. Au bout de 30 à 40 jours nous avons vu apparaître, sur ce milieu, de nouvelles cultures qui furent de nouveau traitées à l'éther et cela 4 fois. L'éther, ayant détruit la couche ectoplasmique des spores, a rendu plus aisée la pénétration des colorants et par suite l'étude cytologique du microorganisme.

Au point de vue morphologique, nos observations permettent d'établir que l'épaisseur des filaments est très variable : elle semble conditionnée par la dimension des spores qui leur ont donné naissance, par la composition du milieu et par les conditions d'aération de la culture : c'est ainsi

que les filaments plus gros dans la profondeur du substratum s'effilent à la surface. Les variations de largeur et de longueur des filaments varient, d'autre part, jusqu'à tripler selon que les cultures sont faites, en gouttelettes pendantes, sur milieu glucosé ou glycériné plus ou moins liquide. Il



Actinomyces bovis.

s'ensuit donc que les dimensions du thalle ne peuvent constituer un caractère important dans la taxinomie, pas plus dans la culture originelle que dans les cultures obtenues par le procédé indiqué précédemment. Les Actinomyces sont soumis à un pléomorphisme très comparable à celui des Champignons des Teignes. Il résulte en outre de nos observations que les Actinomyces ne sont pas formés par un siphon, comme on l'a prétendu, mais ont un thalle cloisonné et sont constitués par des apocytes qui deviennent de plus en plus courts vers le point d'émergence des filaments. Quant à la formation des conidies elle s'effectue par une sorte de rétractions intercalaires ou terminales du protoplasme qui se condense en cer-

tains points des filaments. Elles ne sont donc pas produites par une scission régulière du thalle et aboutissent à la production de conidies de grosseurs inégales (*fig.* E). Elles sont comparables à des chlamydospores. Les rétractions protoplasmiques qui les produisent peuvent prendre cependant l'aspect de scissions régulières dans les cultures originelles du fait du grand nombre des conidies qui s'y produisent. La variabilité de la grosseur des conidies semble déterminer leurs caractères biologiques variables.

Du point de vue cytologique, les apocytes renferment plusieurs noyaux (*fig.* A, B, C) qui, dans les cas les plus favorables, apparaissent d'une manière très nette constitués par un nucléoplasme incolore au milieu duquel se trouve un gros nucléole fortement coloré. La division nucléaire est difficile à observer et semble s'effectuer par allongement suivi d'étirement c'est-à-dire par amitose. Les conidies n'offrent qu'un seul noyau. La dégénérescence progressive de l'Actinomyces en culture amène, non seulement une diminution dans la densité du cytoplasme, mais aussi une diminution de la grosseur des noyaux qui pourrait provenir de leur fragmentation continue : il devient difficile en effet d'observer le noyau dans les filaments grêles et allongés, fait que nous avons déjà observé dans les Champignons parasites de thalle plus gros (*Arthrosporia*, *Achorion*).

Dans les cultures sur gélose 1,8, glycérine 4 pour 100, glycose 4 pour 100, peptone 1 pour 100, après passage à l'éther, le cytoplasme présente un aspect homogène et renferme des granulations osmioréductrices ayant le caractère de graisses. Dans ces mêmes cultures nous avons observé de petites vacuoles, rondes ou légèrement effilées, à l'intérieur desquelles se précipitent, sous l'influence des fixateurs, des petites corpuscules métachromatiques (*fig.* D), qui n'ont aucune relation avec les formes reproductrices.

Nos recherches nous amènent donc à conclure que les Actinomyces sont des Champignons que l'on pourrait considérer comme des Microaleuriosporés en assimilant leurs conidies à des microaleuries, car elles offrent, par leur mode de formation, tous les caractères des aleuries. Nos recherches sont de nature à faciliter l'étude du Bacille tuberculeux dans ses formes très variées et son évolution, en raison des rapports morphologiques et biologiques étroits qui les relient aux Actinomyces.

ANATOMIE. — *Veines à paroi côtelée*. Note de M. **R. Argaud**, présentée par M. Ch. Achard.

Certaines veines, les azygos par exemple, se présentent, chez les Mammifères, avec un aspect spécial qui suffit à les caractériser. Sur les animaux récemment sacrifiés et, de préférence, sur ceux de grande taille où les détails sont évidemment plus nets, les azygos apparaissent, en effet, étrangement striées en long par des traînées rougeâtres, très peu parallèles, et semblables à de volumineux *vasa vasorum* cheminant à la surface de l'adventice. Examiné de plus près, le vaisseau est irrégulièrement calibré et côtelé comme certaines étoffes, d'où le nom de veine à paroi côtelée que nous proposons.

Sur une coupe transversale, la paroi montre, à l'œil nu, de-ci, de-là, des épaississements columnaires, tandis que, par ailleurs, elle est très amincie ou forme des crêtes qui plongent plus ou moins profondément dans la lumière. On peut se rendre compte, sur les coupes microscopiques, que l'intima, la média tout entière, et la partie la plus interne de l'adventice participent, par plicature, à la formation de ces crêtes, tandis que la portion externe de l'adventice, limitée par un réseau élastique, reste telle quelle, sans se plisser, et réalise un nivellement relatif de la surface vasculaire ou même fait saillie en sens inverse. Il s'agit donc de plis vasculaires dont la permanence est assurée, à l'état de faible réplétion, par le tonus élastique de la surface adventitielle; mais leur formation est surtout due à des lames musculaires, véritables tænia contractiles disposés en long et amincis sur les bords. Ces lames, interposées çà et là entre les deux couches musculaires de la veine, déterminent des variations d'épaisseur, de résistance, et, par suite, l'aspect singulier des parois côtelées. C'est également le nombre variable de ces tænia qui accuse ou atténue la singularité de ces aspects veineux. Chez l'homme et le cheval on ne rencontre guère que deux ou trois épaississements sur un même niveau; chez le bœuf ils sont plus nombreux, etc.

Signification physiologique. — Quelle que soit l'imprécision des auteurs sur la véritable origine inférieure de la grande azygos; qu'elle provienne directement de la veine cave inférieure (*moitié des cas*, d'après Parsons et Robinson), ou médiatement, par la lombaire ascendante, elle n'en forme pas moins une volumineuse anastomose intercave « *suppléant tout à la fois, la veine cave supérieure dont la portion intrapéricardique ne peut recevoir aucune branche, et la veine cave inférieure pour sa portion intra-hépatique* » (Hovelacque).

En réalité, il ne s'agit pas, d'une simple dérivation de secours pouvant, accidentellement, pathologiquement, être utilisée; mais (nous y insistons) d'un trait d'union dont le rôle physiologique est très important et qui agit rythmiquement, après chaque repas, c'est-à-dire autant de fois que la digestion détermine un blocage plus ou moins complet de la circulation hépatique. On sait, en effet, depuis les recherches de Heidenhain, que la cellule hépatique subit, au cours de la digestion, un cycle de transformations dont on peut suivre, au microscope, toutes les phases. Les plastes qui essaiment partout, dans le protoplasma quiescent, font place progressivement à de grosses enclaves; de telle sorte qu'un certain nombre d'heures après le début de la digestion, le volume de la cellule hépatique a considérablement augmenté. Les cordons de Remak coincent donc, à un moment de la digestion, les sinusoïdes porto-hépatiques interposées qui deviennent ainsi plus ou moins imperméables.

La structure spéciale de l'azygos, en particulier la disposition histo-topographique de ses crêtes et de ses cannelures, s'adapte parfaitement à ces alternatives de réplétion et de vacuité sanguine. Quand se produit le barrage hépatique, dérivé par les anastomoses porto-azygos et aussi par d'autres voies plus inconstantes, mais dont la suppléance existe toujours, le sang afflue dans la grande azygos dont les replis s'effaçent. La paroi oppose toutefois à cette distension une certaine résistance grâce au réseau élastique qui double l'adventice. De même, grâce, à la fois, à leur élasticité et à leur contractilité, les tæpia longitudinaux préviennent toute élongation excessive.

On sait également que, dans les cas d'oblitération pathologique de la veine cave inférieure, la veine azygos s'hypertrophie considérablement, au point d'atteindre, parfois, un diamètre intérieur de 2^{cm} (Osler). Il est donc à présumer que le dispositif structural, en accordéon, que nous venons de décrire dans l'azygos physiologique, doit jouer un rôle des plus importants au cours des cirrhoses et, d'une façon plus générale, de toutes les affections qui déterminent, par hyperplasie ou hypertrophie des cordons de Remak, une entrave à la circulation hépatique. Nous nous proposons d'étudier prochainement les modifications de ce vaisseau soumis ainsi, d'une façon continue, à un plein rendement. Pour le moment nous avons uniquement cherché à retenir l'attention sur une curieuse texture qui traduit, chez l'azygos normale, un rôle physiologique de dérivation intermittente, beaucoup plus important que les recherches antérieures n'avaient permis de le supposer.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la nature physiologique de la diastase sécrétée par la glande de l'éclosion chez les Plagiostomes* (Scylliorhinus canicula *L. Gill*). Note de M. **Ouang Te Yio**, présentée par M. L. Joubin.

Nous avons cherché à déterminer la nature physiologique de la diastase sécrétée par la glande frontale qui détermine l'éclosion des Plagiostomes (¹). Voici les résultats que nous avons obtenus :

1. *Action des solutions de trypsine et de pepsine du commerce sur les fragments du gluten et des glaires :*

Tube A : contient une solution alcaline (20$^{cm^3}$) de trypsine du commerce à pH 7,2. On y introduit un morceau de gluten auquel restent attachées quelques glaires sur son support corné, le tout est recouvert par une couche d'éther.

Tube B : contient une solution de pepsine (20$^{cm^3}$) acidifiée à 5 pour 1000 dans laquelle on introduit un morceau de gluten et quelques glaires comme dans le tube A. Les tubes A′ et B′ sont des tubes témoins, contenant les mêmes éléments, moins la trypsine ou la pepsine, T = 20° C.

Résultats. — Dans le tube A, après 4 heures, on constate un gonflement total du gluten qui est doublé d'épaisseur et devenu plus transparent. Les glaires sont également gonflées, d'aspect mamelonné. Après 15 heures, le morceau de gluten est dissocié, fragmenté, une partie s'est détachée du support corné et flotte dans le liquide. La plus grande partie des glaires a été liquéfiée. On constate la présence de débris poussiéreux au fond du tube. Après 63 heures, à part une très petite partie encore adhérente à la coque cornée, le gluten est dissocié, fragmenté, réduit à sa structure fibrillaire. La quantité des débris poussiéreux est augmentée. On sait que la trypsine agit en général le plus activement aux environs de 36°C., nous avons mis alors le tube A à l'étuve à 36° C., une demi-heure après, il ne reste plus que de minimes fragments sans consistance montrant une structure lamelleuse et fibrillaire. Ils flottent dans la solution et de nombreux débris poussiéreux circulent dans le tube, quand on agite ce dernier par rotation.

Dans les tubes A′, B *et* B′, on ne constate aucun changement, depuis le début jusqu'à la fin de l'expérience, les morceaux de gluten et de glaires restent intacts.

(¹) Voir P. Wintrebert, *C. R. de l'Assoc. des Anat.* (*Congrès de Prague* 1928, p. 496-503). — Ouang Te Yio, *C. R. de la Soc. de Biol. Paris*, 103, 1930, p. 116-118. — P. Wintrebert et Ouang Te Yio, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 350.

Ainsi la trypsine du commerce a une action manifeste sur la digestion des glaires et du gluten, tandis que la pepsine n'attaque pas ces substances.

2. *Action des extraits du pancréas et de l'intestin de* Scylliorhinus canicula *sur le gluten et les glaires.* — Pour confirmer l'expérience précédente, nous avons fait des extraits du pancréas et d'intestin de la petite Roussette par le procédé de dialyse à l'éther de *Wittich.* L'expérience a été effectuée à une température de 13°C. qui est celle du milieu où vivent généralement les Plagiostomes. Les résultats obtenus sont frappants : l'extrait de pancréas activé par le suc intestinal digère très rapidement, après 5 heures seulement, le fragment de gluten et de glaires utilisés.

3. *Essai de digestion de la gélatine par la diastase de la glande de l'éclosion de* Scylliorhinus canicula *prise au stade* O *de Balfour.* — Dans une boîte de Petri préalablement stérilisée, nous avons appliqué sur un morceau de gélatine de 3^cm de largeur sur 5^cm de longueur, un lambeau de la glande frontale et une goutte de sécrétion obtenue par la dilacération d'une partie glandulaire. La température est de 13°C. Trois heures après, le morceau de gélatine a été attaqué par la diastase et six heures après, la partie moyenne du morceau mise en contact direct avec le lambeau et l'exsudat de la glande a été liquéfiée.

4. *Mesure du* pH *des liquides périvitellins de l'œuf chez* Scylliorhinus canicula. — Pour savoir dans quel milieu agit la diastase sécrétée par la glande de l'éclosion, nous avons effectué sur les liquides périvitellins de l'œuf, une série de mesures de pH par la méthode colorimétrique avec l'indicateur universel de Clark (B. D. H.). Ces mesures ont été faites aussi bien aux stades K, L, M de Balfour qui précèdent l'excrétion qu'aux stades N et O qui sont ceux du commencement et de l'époque la plus active de cette excrétion. Le pH est compris entre 7 et 7,2 aussi bien avant que pendant et après l'excrétion.

Conclusions. — La diastase sécrétée par la glande de l'éclosion chez *Scylliorhinus canicula* ressemble à la trypsine, agit, comme elle, en milieu neutre ou faiblement alcalin. Elle agit à une température beaucoup plus basse que la trypsine. Nos résultats se rapprochent de ceux obtenus par J. Bourdin dans son étude sur le mécanisme de l'éclosion chez les Téléostéens.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur le rôle de la pectinase dans la fermentation du café.* Note de M. A. PERRIER, présentée par M. H. Lecomte.

Dans le procédé de traitement du café par voie humide, les cerises cueillies à l'état de maturité sont soumises à l'action d'appareils spéciaux, les « dépulpeurs » ou « grageurs » qui ont pour but de séparer le mésocarpe charnu de la graine. Après sa sortie du « dépulpeur » celle-ci reste couverte d'une couche fortement adhérente, de consistance mucilagineuse. La présence de cette enveloppe sur la parche est un obstacle sérieux au séchage rapide de la graine; de plus, elle constitue un milieu particulièrement favorable à la multiplication des moisissures et des bactéries dont le développement exagéré pendant cette phase de la préparation du café, est susceptible de produire des altérations très défavorables à la valeur commerciale du produit.

L'élimination de cette partie du mésocarpe restée adhérente à la semence s'obtient très facilement en abandonnant les graines à une fermentation spontanée de durée variable, suivie d'un lavage à grande eau. Nos connaissances relatives à cette transformation sont jusqu'à présent très obscures. Les observateurs qui ont étudié ce sujet, se sont bornés à signaler dans ces fermentations variées la présence de nombreux microorganismes : *Saccharomyces*, ferments acétiques, lactiques, butyriques, moisissures diverses, sans toutefois arriver à des conclusions très nettes sur leur rôle respectif ou sur leur action propre. Certains ont vu dans ce processus, sans apporter de preuves expérimentales, une décomposition des matières pectiques; d'autres ont affirmé que dans la fermentation du café comme dans celle du cacao et du tabac, les bactéries jouent un rôle indirect, par l'élévation de température produite, sur les enzymes de la semence, provoquant des modifications dans la composition de la graine.

La complexité de la question ainsi posée m'oblige à la diviser pour pouvoir l'étudier plus facilement; je l'examinerai donc successivement sous ses divers aspects.

En recherchant la quantité de substances pectiques insolubles existant dans cette couche mucilagineuse, j'ai trouvé que 100^g de graines fraîches en renferment $0^g,07$ évaluée à l'état de pectate de chaux.

D'un autre côté, plusieurs séries d'expériences réalisées en présence de toluol, de chloroforme ou de thymol pour inhiber les actions microbiennes

et dans lesquelles les lots témoins avaient préalablement été soumis durant 30 minutes à l'action de l'eau bouillante, m'ont permis de montrer que la séparation de cette couche mucilagineuse se produit facilement et indépendamment de toute intervention microbienne; elle est due à des actions diastasiques.

Dans les mêmes conditions expérimentales, des expériences faites avec des graines fraîchement dépulpées et épuisées en matières solubles dans l'eau, mettent en évidence dans cette transformation, la formation de petites quantités de sucres réducteurs.

L'ensemble de ces observations me permet de conclure que la solubilisation de la couche mucilagineuse adhérente aux graines après l'opération du dépulpage doit être attribuée à l'action de la pectinase, diastase solubilisante de la pectose, existant dans les cerises mûres du caféier.

Les détails de ces expériences, faites dans l'État de Sao-Paulo, avec des fruits appartenant à l'espèce *Coffea arabica*, feront l'objet d'une publication d'ensemble sur la fermentation du café.

Ces résultats, il est vrai, n'excluent pas *a priori* l'intervention des bactéries dans le phénomène de solubilisation des matières pectiques pendant cette phase de la préparation du café. On connaît un grand nombre de microorganismes susceptibles de solubiliser et de détruire les matières pectiques et l'étude de la flore bactériologique des graines de café en fermentation révèle souvent leur présence dans ces milieux.

Toutefois, la rapidité avec laquelle j'ai obtenu cette transformation, dans les expériences de laboratoire (2 heures à l'étuve à 43° C. en présence de toluol) met hors de cause toute action microbienne. Dans la pratique industrielle, quand il s'agit de graines appartenant à l'espèce *arabica*, l'influence de ces microorganismes pendant les premières heures de fermentation est toujours négligeable.

Durant cette période, ce sont surtout les matières solubles, les sucres dans le cas actuel, dont la teneur peut atteindre 4,5 pour 100 du poids total qui subissent les actions microbiennes. L'expérience montre en effet, que la fermentation qui prédomine à l'origine est une fermentation alcoolique accompagnée souvent d'une fermentation acétique. Les ferments qui les produisent, *Saccharomyces* et ferments acétiques, sont sans action sur les matières pectiques. Le rôle de ces micro-organismes est tout autre. Les fermentations qu'ils provoquent déterminent une élévation notable de la température; celle-ci peut atteindre 35°-40° et plus, circonstance particulièrement favorable à l'action de la pectinase. A ce point de vue ces micro-

organismes exercent donc une action favorable sur la solubilisation des matières pectiques adhérentes aux graines, facilitant l'élimination de la couche mucilagineuse.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de la trypsine sur les solutions d'acides monoaminés isolés ou en mélange.* Note de M. **A. Blanchetière**, présentée par M. A. Desgrez.

J'ai montré (1) la formation de petites quantités de diacipipérazines sous l'action de la pepsine agissant sur des solutions d'acides monoaminés, dans les conditions mêmes de mes précédentes recherches sur l'hydrolyse diastasique des protides, tant en ce qui touche la concentration du substrat et de l'enzyme que la réaction ionique.

Ces résultats demandaient évidemment à être complétés par l'étude de l'action de la trypsine, ceci d'autant plus que Fränkel et Feldsberg (2), ainsi que Fränkel et Jellinek (3), ont signalé la formation de ces anhydrides dans les digestions trypsiques prolongées de caséine. Ils ont reconnu la présence dans celles-ci des anhydrides du tryptophane, de la tyrosine et de l'histidine. Pour eux, cependant, la réaction serait limitée aux amino-acides cycliques et relèverait de la présence d'un ferment spécial, l'*anhydrase*.

Dans les présentes recherches ont été examinés des mélanges d'acides monoaminés (glycine, alanine, glycine + alanine) de même concentration en azote (1 atome par litre) qui est très voisine de celle utilisée dans mes recherches sur l'hydrolyse ; la quantité de trypsine fut aussi la même, soit environ trois fois celle nécessaire à l'hydrolyse dans le cas des protéines, et le mélange amené à pH 8,0.

L'action du ferment a été appréciée au bout de temps variables par le dosage des groupements aminés restants au moyen de la méthode de Sörensen.

Cette méthode fournit la totalité des groupements aminés disparus, tant à l'état peptidique qu'à l'état d'anhydrides. La présence de ces derniers a été mise, dans tous les cas, en évidence au moyen de la réaction de

(1) A. Blanchetière, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 266.
(2) S. Fränkel et E. Feldsberg, *Biochem. Zeit.*, 120, 1922, p. 218-229.
(3) S. Fränkel et P. Jellinek, *Biochem. Zeit.*, 130, 1922, p. 592-603.

Abderhalden et Komm, qui utilisent la coloration jaune bichromate obtenue avec eux et les dérivés nitrés (acide picrique, *m*-dinitrobenzène, etc.) en présence des carbonates alcalins, à la température du bain-marie.

Les résultats ont été les suivants :

Jours d'incubation.	Pour 100 des groupements aminés disparus.			
	Glycine.		Alanine.	Glycine + Alanine.
7	3,09	2,32	2,25	2,68
15	3,0	2,65	8,55	4,13
30	2,05	2,32	9,65	6,08
60	2,05	3,55	10,1	5,01
90	4,8	4,33	8,25	5,01

Comme dans le cas de la pepsine, ces résultats montrent que si les acides aminés cycliques paraissent particulièrement aptes à subir l'anhydrisation par la trypsine ou un ferment particulier obtenu simultanément, les acides monoaminés se comportent néanmoins comme eux pour une faible part. Les résultats, bien qu'irréguliers, montrent, que l'alanine paraît plus sensible que la glycine à l'action de ce ferment.

La présence signalée de diacipipérazines dans les produits d'hydrolyse des protides par les ferments protéolytiques paraît relever, en partie au moins, d'une synthèse.

PARASITOLOGIE. — *Une larve d'Œstride produisant des tumeurs dans le duodénum des Chevaux en Espagne.* Note de M. **G. Dinulescu**, présentée par M. M. Caullery.

Toutes les larves de Gastrophiles parasites du cheval décrites jusqu'à présent vivent, à partir du deuxième stade jusqu'à la nymphose, fixées à la surface interne du tractus digestif de l'hôte, chaque espèce se fixant en une région déterminée de ce tube digestif.

Dans cette Note nous signalons l'existence d'une larve de Gastrophile, qui se fixe dans le duodénum, au même endroit que celle d'une autre espèce connue depuis longtemps *Gastrophilus nasalis* K. Cette nouvelle larve présente la particularité biologique de passer une partie de sa vie (pendant toute la durée du deuxième stade) dans la profondeur des tissus de la paroi de l'intestin, y provoquant la formation de tumeurs parasitaires spécifiques (*fig.* D).

Nous avons trouvé cette larve très fréquemment dans des chevaux provenant de l'Espagne. Jamais nous ne l'avons rencontrée chez ceux provenant de France ou de l'Europe centrale, de sorte que l'espèce à laquelle elle appartient doit avoir une aire géographique méridionale.

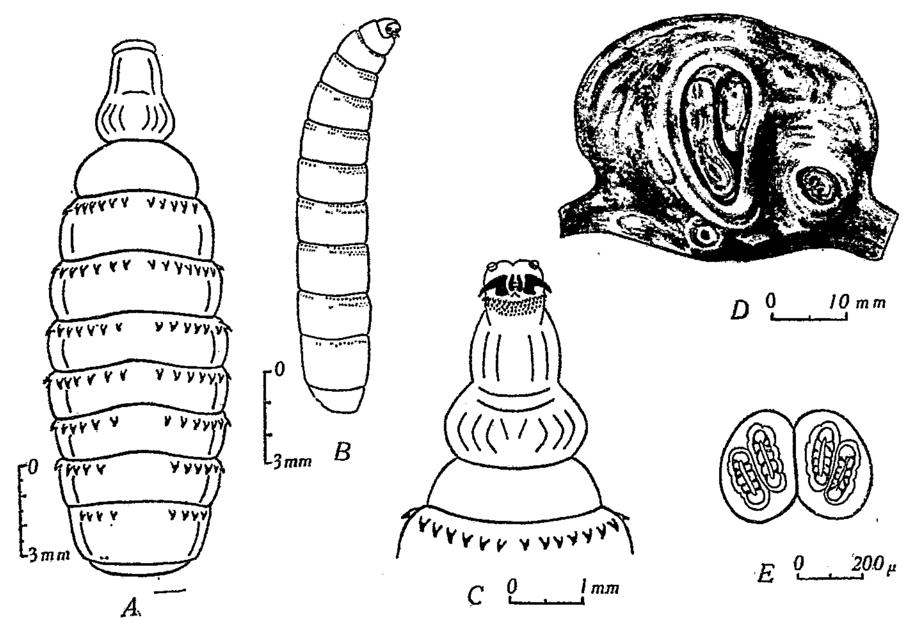


Fig. A. Larve de *Gastrophilus meridionalis* (?) 3e stade, vue dorsale. — Fig. B. Larve au 2e stade, vue latérale. — Fig. C. La tête et la partie antérieure du corps, vue ventrale. — Fig. D. Section d'une tumeur gastrophilienne intestinale. — Fig. E. Les stigmates de la larve au 2e stade.

Évolution de la larve et production de tumeurs. — Cet été, les abattoirs de Vaugirard ont reçu beaucoup de chevaux d'Espagne, ce qui nous a permis de suivre une partie de la vie larvaire de cet Œstride. Les larves arrivent dans l'intestin au début de leur deuxième stade et se fixent sur la muqueuse intestinale, en cherchant en même temps à s'enfoncer dans la profondeur de la paroi. Elles semblent ainsi être dans une sorte de loge. L'irritation produite par le parasite, détermine une réaction de l'hôte, sous forme de tumeur fibreuse autour des larves. Au même point de l'intestin, il peut pénétrer plusieurs larves en même temps et alors elles sont logées dans la même tumeur. Ces tumeurs sont de dimensions variables, de la grandeur d'une noix jusqu'à celle d'un gros œuf de poule et elles renferment parfois plus d'une vingtaine de larves. Les tumeurs volumineuses font hernie à la face externe de la paroi de l'intestin. A leur intérieur, les larves grandissent et subissent une mue sur place. Elles y abandonnent la mue du deuxième stade et elles en sortent sous la forme du troisième. Dans la lumière intestinale,

elles se fixent de nouveau à la muqueuse, en y implantant profondément la partie antérieure de leur corps. Constamment les larves de cette espèce enfoncent dans la paroi de l'intestin la tête et les deux segments suivants qui sont dépourvus d'épines. Elles produisent alors des lésions alvéolaires très profondes.

Caractères principaux de cette larve (au deuxième et troisième stade). — Corps divisé extérieurement en 13 segments. Dimensions au troisième stade : 16-18^{mm}; largeur dans la partie moyenne du corps : 6-7^{mm}. Couleur au troisième stade jaune pâle et au deuxième blanchâtre. A la différence des autres Gastrophiles, la cuticule des larves de cette espèce est presque transparente, de sorte que, dans la partie dorsale, on voit la couleur rouge du sang ingéré. Les épines chitineuses sont disposées en une seule rangée sur les divers segments; les troisième et quatrième étant dépourvus de tout ornement chitineux (*fig.* A et C). Le troisième segment présente encore trois ou quatre plis longitudinaux sur les parties dorsale et ventrale et, entre le troisième et quatrième segments, il y a un étranglement prononcé. Au deuxième stade, qui se passe dans les tumeurs, les épines sont extrêmement réduites, de sorte que les larves paraissent glabres au premier examen (*fig.* B). Les pièces buccales, surtout les mâchoires, sont bien développées. Les stigmates, qui sont normalement développées au troisième stade sont, au contraire, très réduits, presque atrophiés, au deuxième (*fig.* E).

D'après les caractères précédents (surtout ceux du troisième stade), cette larve paraît se rapprocher beaucoup d'une Œstre signalée en Rhodésia (Afrique du Sud), parasitant l'estomac des Zèbres et qui a été décrite par Pillers et Ewans, sous le nom de *Œstrus* (*Gastrophilus*) *meridionalis* [1].

Cette forme de Gastrophile nous paraît intéressante au point de vue biologique par sa curieuse adaptation à une vie dans un milieu presque anaérobie, et importante au point de vue pathologique par les lésions et les tumeurs qu'elle occasionne dans les parois de l'intestin.

M. **A. L. Herrera** adresse une Note *Sur les formes de nitrobactéries produites avec le formol, le nitrate et le sulfure d'ammonium.*

La séance est levée à 15^{h}50^m.

E. P.

[1] A. Pillers and A. Ewans, *Ann. Trop. Med. and Parasit.*, 20, 1926, p. 263.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 OCTOBRE 1931.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON LECORNU.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce que le tome 191 (juillet-décembre 1930) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce que les *Tables générales des Comptes rendus*, Première partie, *Auteurs* (1911 à 1925), sont en distribution au Secrétariat.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Sloan Danenhower**, commandant du *Nautilus*, qui assiste à la séance.

Notice nécrologique sur Friedrich Becke (1), par M. **A. Lacroix**.

Avec Friedrich Becke la science minéralogique a perdu l'un de ses plus brillants représentants.

Né à Prague, le 31 décembre 1855, il fit ses dernières études à l'Université de Vienne, où il fut l'élève, puis l'assistant de Gustav Tschermak. Privatdocent en 1881, l'année suivante, il est nommé professeur de Minéralogie à l'Université de Czernowitz puis, en 1890, à l'Université allemande de Prague. Il devint ensuite successivement professeur, puis recteur (1919) de l'Université de Vienne. Il a été Secrétaire général de l'Académie des

(1) Séance du 5 octobre 1931.

Sciences de Vienne; il avait été élu correspondant de notre Académie pour la Section de Minéralogie le 27 avril 1914. Il est mort à Vienne, le 18 juillet 1931.

En 1890, il avait pris la direction des *Mineralogischen und petrographischen Mitteilungen* de Tschermak, le seul périodique essentiellement consacré à la pétrographie.

L'œuvre considérable de Becke embrasse les branches les plus diverses de la Minéralogie et s'étend aussi à divers domaines de la Géologie.

Il s'est occupé tout d'abord de cristallographie descriptive, ses monographies de la cassitérite, de la dolomite, du sucre de raisin, ses recherches sur le facies des cristaux d'un grand nombre d'espèces minérales, entreprises par lui et ses élèves, ses travaux sur les figures de corrosion des substances cristallisées sont classiques.

Un autre groupe de recherches se rapporte à l'optique cristallographique. Il a construit des appareils nouveaux, imaginé d'ingénieuses méthodes d'investigation, par exemple celle portant son nom et qui permet de déterminer la réfringence relative de deux lames cristallines en contact et aussi la méthode graphique servant à déterminer l'écartement des axes optiques d'une lame cristalline qui n'est pas perpendiculaire à une bissectrice. Il faut citer encore ses déterminations de précision des constantes optiques de nombreux minéraux et, en particulier, des plagioclases.

En pétrographie minéralogique et chimique, l'œuvre de Becke n'est pas moins considérable. Notons son étude sur les laves andésitiques des régions méditerranéennes, sa description comparative des roches volcaniques du Mittel-gebige bohémien et de celles des Andes; ce travail est une des bases de la théorie de deux facies distincts (atlantique et pacifique) des roches volcaniques, théorie que je ne crois pas exacte, mais qui a eu le mérite de susciter un nombre considérable de recherches.

Becke a complété l'étude, et fait la théorie de ces curieuses associations de feldspath et de quartz (quartz vermiculé de Fouqué et Michel-Lévy) qui ont été appelées mirmékite par M. Sederholm. Il faut noter enfin ses diagrammes destinés à représenter la composition chimique des roches.

Nous allons trouver plus loin ses travaux sur les schistes cristallins.

Dans le domaine de la physique du globe, Becke est l'auteur de travaux détaillés sur des tremblements de terre ressentis de 1896 à 1898, à Büx (Böhmerwald) et à Grazlitz.

Son rôle géologique a été fort important. Après avoir étudié les terrains anciens du massif de Bohême, et particulièrement ceux du Waldviertel, il s'est occupé, en collaboration avec Grübenmann, Berwerth et Löwl, des roches cristallines de la zone centrale des Alpes Orientales. C'est la description géologique minutieuse de la partie occidentale de Hohe Tauern qui a permis de comprendre la véritable structure des Tauern et par suite de toutes les Alpes Orientales. Pierre Termier a fait remarquer que la carte dressée par Becke et Löwl était si précise et si exacte, leurs coupes si conformes à la réalité qu'elles l'ont amené nécessairement à son hypothèse des grands charriages. Dans ces travaux qui ont été suivis d'autres de la part de ses élèves, on retrouve les mêmes qualités de rigueur, de précision, de scrupuleuse probité scientifique si caractéristiques de l'œuvre minéralogique de Becke. Il reste peu à glaner là où il a passé et ses observations sont souvent définitives.

Ces travaux géologiques ont été l'origine de ses longues et brillantes recherches sur les schistes cristallins. Après de nombreuses descriptions de détail, Becke s'est efforcé de préciser d'une façon générale les caractéristiques structurales des roches cristallophylliennes, définissant leurs tructure, mettant en évidence leurs différences avec celles des roches éruptives, créant une nomenclature complétée par Grübenmann, qui, chaque jour, est de plus en plus employée.

Il a montré enfin l'importance des facteurs physico-chimiques dans le mécanisme probable de la formation de ces roches sur l'origine de quoi l'on discute depuis si longtemps. Pour une même composition chimique, peuvent se produire des roches de composition minéralogique différente sous l'influence de températures et de pressions différentes. Ses diagrammes triangulaires sont précieux pour la représentation de la composition des schistes cristallins, aussi bien que des sédiments et des roches éruptives.

Telle est, en raccourci, l'œuvre de Becke qui, avec Tschermak, a été le brillant fondateur de l'école minéralogique de l'Université de Vienne. Son portrait serait incomplet si l'on ne rappelait son rôle social, son influence prépondérante dans le développement de l'enseignement populaire à Vienne.

ÉLECTRICITÉ. — *Comparaison entre une ligne à constantes réparties et un circuit en* T. Note (1) de M. **André Blondel.**

On a montré précédemment (2) qu'on peut calculer une ligne à constantes réparties, soit par un abaque donnant les facteurs de tension et les phases, soit par deux échelles de puissances rapportées aux centres des cercles d'égales pertes de puissance p et d'hormanance h. Il est intéressant de montrer ici comment les mêmes méthodes permettent la solution du problème plus général du circuit en T.

I. Auparavant je dois compléter la solution précédente traitée seulement dans le cas particulier $\alpha^2 - \beta^2 = 1$ (qui suppose l'angle $\delta = 0$) en remplaçant cette relation scalaire entre modules par la relation vectorielle générale relative au vecteur $\mathbf{n}$

$$\mathrm{ch}^2 \mathbf{n} x - \mathrm{sh}^2 \mathbf{n} x = 1.$$

Les équations des pertes p et h s'écrivent alors respectivement

$$p = p_0 + (\alpha^2 - 1) U_1 I_1 \cos\varphi_1 + \beta^2 U_1 I_1 \cos(2\gamma - \varphi_1) + \alpha\beta m I_1^2 \cos\psi,$$
$$h = h_0 + (\alpha^2 - 1) U_1 I_1 \sin\varphi_1 + \beta^2 U_1 I_1 \sin(2\gamma - \varphi_1) + \alpha\beta m I_1^2 \sin\psi,$$

les coordonnées des centres des cercles d'égal p et d'égal h sont respectivement à l'extrémité des vecteurs suivants, comptés à partir de l'origine :

$$x_0 + j y_0 = -\frac{\alpha^2 - 1 + \beta^2 \cos 2\gamma}{2\alpha\beta m \cos\psi} U_1 + j \frac{\beta^2 \sin 2\gamma}{2\alpha\beta m \cos\psi} U_1,$$
$$x'_0 + j y'_0 = -\frac{\beta^2 \sin 2\gamma}{2\alpha\beta m \sin\psi} U_1 + j \frac{\alpha^2 - 1 - \beta^2 \cos 2\gamma}{2\alpha\beta m \cos\psi} U_1.$$

La construction de ces vecteurs est donc un peu plus compliquée que dans le cas simplifié, et les centres G et G′ sont sur des directions différentes.

Une fois ces points déterminés, l'usage de l'épure reste le même. On calcule d'abord $R_{p_0} = \sqrt{x_0^2 + y_0^2}$ et $R_{h_0} = \sqrt{x_0'^2 + y_0'^2}$, puis p_0 et h_0 (pertes à vide) par les formules

$$p_0 = \frac{\alpha\beta}{m} U_1^2 \cos\xi; \qquad h_0 = -\frac{\alpha\beta}{m} U_1^2 \sin\xi,$$

(1) Séance du 28 septembre 1931.

(2) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 409.

qui permettent d'écrire les expressions de p et de h en fonction des distances d et d' mesurées en ampères des centres G et G' respectivement au point C_1 extrémité du vecteur représentant le courant du débit I_1

$$p = [p_0 - \alpha\beta m \cos\psi R^2_{p_0}] + \alpha\beta m \cos\psi\, d^2 = A + B\, d^2,$$

en désignant par une constante de puissance mesurée en watts et pour B une constante d'impédance mesurée en ohms. On aura de même

$$h = [h_0 - \alpha\beta m \sin\psi R^2_{h_0}] + \alpha\beta m \sin\psi\, d'^2 = A' + B' d'^2.$$

La solution est donc simple en écriture, et pour mesurer d et d' l'on peut employer des réglettes préalablement graduées en valeurs correspondantes de p et de h (1). Mais en pratique la détermination des constantes exige le calcul des coordonnées de G et de G', qui est laborieux (2). La méthode des puissances est moins directe et plus compliquée que celle de l'abaque universel rapporté aux courants (3).

II. Considérons maintenant un circuit en T formé de deux impédances mises en série : $z_0 \underline{|\gamma_0}$ à l'amont et $z_1 \underline{|\gamma_1}$ à l'aval d'une admittance Y placée entre leur point commun et la ligne de retour dénuée d'impédance.

En circuit ouvert, la tension U_0 au poste de départ correspondant à une tension d'arrivée U_1 est fonction de $Y \underline{|\eta}$ et de $z_1 \underline{|\gamma_1}$, car il y a consommation d'un courant $Y \underline{|\eta}\, U_1$ dans la dérivation, ce qui donne

$$U_0 = U_1 + z_0 \underline{|\gamma_0},\quad Y \underline{|\eta} U_1 = U_1 (1 + z_0 Y \underline{|\gamma_0 + \eta}).$$

(1) On peut aussi sur l'épure des puissances construire le point fixe O' ayant pour abscisse A et pour ordonnée B, et la joindre, au lieu de O, au point D' obtenu en ajoutant au vecteur de la puissance apparente $U_1 I_1$, une puissance $\frac{B}{U_1^2} d^2$ et une hormanance $\frac{B'}{U_1^2} d'^2$.

(2) On peut les faciliter en utilisant des abaques des fonctions hyperboliques vectorielles qui donnent directement α, β, ε, η, en fonction de la variable $\bar{n}x$.

(3) Rien n'empêche d'ailleurs de ramener le vecteur $\overline{OQ}$ sur $\overline{OC_1}$ en faisant tourner l'abaque des facteurs de tension autour de l'origine d'un angle ψ en arrière, puis de prendre OQ comme mesure du courant I_1, non plus en valeur absolue, mais par rapport au courant de court circuit J_{cc} produit par une tension de départ $U_0 = \alpha U_1$. Car on a l'identité

$$1 + \frac{\overline{OQ}}{U_0} = 1 + \frac{\beta|m I_1}{\alpha U_1} = 1 + \frac{I_1}{\frac{\alpha U_1}{\beta m}} = 1 + \frac{I_1}{J_{cc}}.$$

De même, en court circuit, le courant $I_1 \underline{|-\varphi_1}$ produit dans l'impédance $z_1 \underline{|\gamma_1}$, une perte de charge $z_1 I_1 \underline{|\gamma - \varphi_1}$; d'où résulte dans la dérivation un courant $J = Yz_1 U_1 \underline{|\eta + \gamma_1 - \varphi_1}$.

Posons donc, pour simplifier l'écriture :

$$T \underline{|\theta} = 1 + z_0 Y \underline{|\gamma_0 + \eta}$$
$$D \underline{|\delta} = 1 + z_1 Y \underline{|\gamma_1 + \eta}$$
$$Z' \underline{|\gamma'} = z_1 \underline{|\gamma_1} + z_0 \underline{|\gamma_0} (1 + D \underline{|\delta});$$

nous aurons deux équations de régime à vide correspondant à la tension aux bornes d'arrivée U_1

$$U_0 = T \underline{|\theta} U_1; \qquad I_0 = Y \underline{|\eta} U_1$$

et deux équations de régime de court circuit débitant $I_1 \underline{|-\varphi_1}$ à l'arrivée

$$I_{cc} = D \underline{|\delta} I_1 \underline{|-\varphi_1}; \qquad U_{cc} = Z' \underline{|\gamma'} I_1 \underline{|-\varphi}.$$

Le régime résultant au départ est donc fourni par les deux équations

$$U_d = T \underline{|\theta} U_1 + Z' \underline{|\gamma'} I_1 \underline{|-\varphi_1} = T \underline{|\theta} U_1 \left[1 + \frac{Z_1}{TU_1} I_1 \underline{|\gamma' - \theta - \varphi_1}\right],$$
$$I_d = Y \underline{|\eta} U_1 + D \underline{|\delta} I_1 \underline{|-\varphi_1} = D \underline{|\delta} \left[I_1 \underline{|-\varphi_1} + \frac{Y}{D} U_1 \underline{|\eta - \delta}\right].$$

La puissance au départ s'obtient en ajoutant les quatre puissances partielles (les puissances des deux régimes séparés et deux puissances mutuelles); en retranchant la puissance débitée à l'arrivée $U_1 I_1 \cos\varphi_1$ on a la puissance perdue

$$p = p_0 + DZ' I_1^2 \cos(\gamma' - \delta)$$
$$+ I_1 U_1 [TD \cos(\theta - \delta + \varphi_1) - \cos\varphi_1 + Z'Y \cos(\gamma' - \eta - \varphi_1)]$$

en appelant p_0 la puissance perdue à circuit ouvert (qui est une puissance mutuelle constante)

$$p_0 = TYU_1 \cos(\theta - \eta).$$

Posons encore :

$$x = I_1 \cos(-\varphi_1); \qquad y = I_1 \sin(-\varphi_1).$$

Le centre des cercles d'égale perte a donc pour coordonnées

$$x_0 = -\frac{TD\cos(\theta - \delta) + Z'Y\cos(\gamma' - \eta) - 1}{2DZ'\cos(\gamma' - \delta)} U_1$$
$$y_0 = -\frac{TD\sin(\theta - \delta) - Z'Y\sin(\gamma' - \eta)}{2DZ'\cos(\gamma' - \delta)} U_1$$

On en déduit les rayons des cercles d'égales pertes

$$R_{p_0}=\sqrt{x_0^2+y_0^2}; \qquad R_p^2=R_{p_0}^2+\frac{p-p_0}{DZ'\cos(\gamma_1-\delta)}.$$

On a des expressions symétriques pour les hormanances,

$$x'_0=-\frac{TD\sin(\theta-\delta)+Z'Y\sin(\gamma'-\eta)}{2\,DZ'\sin(\gamma'-\delta)}U_1,$$

$$y'_0=\frac{TD\cos(\theta-\delta)-1-Z'Y\cos(\gamma'-\eta)}{2\,DZ'\sin(\gamma'-\delta)}U_1,$$

$$R_h^2=R_{h_0}^2+\frac{h-h_0}{DZ'\sin(\gamma'-\delta)}=(x_0'^2+y_0'^2)+\frac{h-h_0}{DZ'\sin(\gamma'-\delta)}.$$

Ces expressions se simplifient quand $z_1=z_2$ et $\gamma_1=\gamma_2$; car il vient alors $D\,|\underline{\delta}=T\,|\underline{\theta}$, et $\delta-\theta=0$. (Cas ordinaires des transformateurs assimilés à un circuit en T.) Même si $D\neq T$, on a toujours en pratique $\delta\approx\theta$.

L'abaque universel permet encore de résoudre le problème bien plus facilement : il suffit de construire le vecteur $OQ=Z'\,|\underline{\gamma'-\theta}\,\frac{I_1}{TU_1}$ puis de faire tourner OC_1 d'un angle $\theta-\delta$ en avant et de le composer avec un vecteur de courant à vide $\frac{J_0}{T}=\frac{YU_1}{T}\,|\underline{\eta-\theta}$.

III. Si, au lieu de calculer les surtensions au départ en partant des tensions à l'arrivée, on se donne U_0 fixe, pour calculer la chute de tension, il n'y a qu'à remplacer sur l'abaque les cercles concentriques par des cercles *parallèles*, de rayon égal à 1; les lignes d'égale phase deviennent alors des horizontales au lieu de droites rayonnantes ([1]). Connaissant le courant débité $I_1\,|\underline{-\varphi_1}$, on en déduit le vecteur OQ, et le point Q, en face duquel on lit le rapport $\frac{U_1}{U_0}$, qui indique alors la chute de tension, et la perte de phase ζ_0. On en déduit U_1 et ensuite le courant de perte J_0; cela permet de construire le courant résultant I_1 et de connaître sa phase λ par rapport à OX; et l'on a ainsi $\varphi_d=\lambda+\zeta_0$ comme dans le premier abaque.

Cet abaque peut s'appliquer aux lignes aussi bien qu'aux transformateurs en utilisant les diverses formules données pour le cas de U_1 fixe. Il résout complètement le calcul de la chute de tension et du facteur de puissance des transformateurs ([2]).

([1]) Cf. A. Blondel, *Abaque des transformateurs* (*La Lumière électr.*, 9, XI, 1910, XXI).

([2]) J'ai déjà signalé la possibilité de cette solution dans les *Comptes rendus* de septembre 1929, 189, p. 346. Ces questions seront traitées avec plus de détails dans un mémoire actuellement sous presse.

BIOCHIMIE. — *Sur la composition chimique des* Lemna *comme caractéristique des espèces.* Note [1] de MM. **W. Vernadsky** et **A. Vinogradoff.**

Le tableau que nous donnons ci-après renferme les résultats d'un travail poursuivi depuis plusieurs années. Ce travail a pour but l'étude de la composition chimique quantitative atomique des organismes vivants au point de vue de son importance morphologique comme propriété caractéristique des espèces.

Les résultats complets et la discussion qu'ils exigent seront publiés prochainement dans un autre Recueil.

A l'aide des premiers résultats, nous arrivons aux conclusions suivantes :

1° Chaque espèce de *Lemna* récoltée dans des localités aussi différentes que l'Ukraine et la région Baltique, et dans des années différentes, conserve une composition déterminée qui lui est propre et la caractérise.

2° De toutes les espèces des *Lemna*, l'ordre d'abondance des éléments chimiques est en général le même.

3° Les variations de composition d'une même espèce restent, selon les années et les localités, dans des limites très étroites.

4° Il existe deux groupes très distincts parmi les espèces de *Lemna* par rapport au carbone et à l'eau : les unes sont riches en carbone et pauvres en eau (*L. trisulca* et *L. polyrrhyza*), les autres pauvres en carbone et riches en eau (*L. minor* et *L. gibba*).

5° *L. trisulca* est la plus riche en Mn.

Toutes les *Lemna* contiennent Ra, Cu, Rb, V, Ti, Sr, Ba et Al, dont les déterminations quantitatives seront publiées dans le rapport final. Les déterminations du Ra ont été déjà publiées [2].

---

(1) Séance du 14 septembre 1931.

(2) W. Vernadsky, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 421.

	Lemna polyrrhiza L.				*Lemna minor* L.		
	Peterhof.		Kiev.		Peterhof.		Kiev.
	1928. (1)	1929. (2)	1928. (3)	1929. (4)	1928. (5)	1929. (6)	1929. (7)
H^2O.....	91,15	93,10	92,75	91,47	92,10	93,60	91,84
C.......	3,85	4,20	5,55	4,20	3,20	2,71	2,85
N.	$3,1.10^{-1}$	$2,6.10^{-1}$	$2,6.10^{-1}$	$3,1.10^{-1}$	$3,1.10^{-1}$	$3,1.10^{-1}$	$2,1.10^{-1}$
H.......	10,91	–	–	–	10,83	–	–
O.......	84,15	–	–	–	84,80	–	–
K.......	$3,1.10^{-1}$	$2,9.10^{-1}$	$2,3.10^{-1}$	$2,1.10^{-1}$	$3,6.10^{-1}$	$2,4.10^{-1}$	–
Na......	$3,2.10^{-2}$	$3,8.10^{-2}$	$4,0.10^{-2}$	$5,5.10^{-2}$	$3,6.10^{-2}$	$4,2.10^{-2}$	–
Ca......	$1,3.10^{-1}$	$1,2.10^{-1}$	$1,6.10^{-1}$	$1,8.10^{-1}$	$0,9.10^{-1}$	–	–
Mg.....	$5,3.10^{-2}$	$5,2.10^{-2}$	$3,5.10^{-2}$	$3,9.10^{-2}$	$4,1.10^{-2}$	–	–
Mn......	$1,4.10^{-2}$	$1,8.10^{-2}$	–	$1,4.10^{-2}$	$2,2.10^{-2}$	$2,9.10^{-2}$	$1,4.10^{-2}$
Fe......	$6,6.10^{-3}$	$2,2.10^{-2}$	$1,6.10^{-2}$	$1,4.10^{-2}$	$5,1.10^{-3}$	–	$6,4.10^{-3}$
P.......	$4,8.10^{-2}$	$5,6.10^{-2}$	–	$6,4.10^{-2}$	$5,7.10^{-2}$	$5,1.10^{-2}$	$6,9.10^{-2}$
S.......	$4,1.10^{-2}$	$3,2.10^{-2}$	$5,1.10^{-2}$	$5,0.10^{-2}$	$6,1.10^{-2}$	$4,1.10^{-2}$	$4,2.10^{-2}$
Cl......	$1,2.10^{-1}$	$1,6.10^{-1}$	$1,7.10^{-1}$	$1,5.10^{-1}$	$1,3.10^{-1}$	$1,1.10^{-1}$	$1,1.10^{-1}$
Si.......	$2,3.10^{-2}$	$1,6.10^{-2}$	$6,5.10^{-2}$	$2,9.10^{-2}$	$1,8.10^{-2}$	$2,8.10^{-2}$	$4,3.10^{-2}$

	Lemna trisulca L.			*Lemna gibba* L.	
	Kiev.		Peterhof.	Kiev.	
	1928. (8)	1929. (9)	1929. (10)	1928. (11)	1929. (12)
H^2O.....	88,79	88,82	91,60	93,71	92,74
C.......	5,60	5,16	4,31	2,30	2,86
N.......	$1,4.10^{-1}$	$4,6.10^{-1}$	$3,1.10^{-1}$	–	$3,6.10^{-1}$
H.......	–	10,60	–	–	11,0
O.......	–	82,74	–	–	84,60
K.......	$1,9.10^{-1}$	$2,6.10^{-1}$	$2,7.10^{-1}$	$1,8.10^{-1}$	$3,1.10^{-1}$
Na......	$9,1.10^{-2}$	$1,4.10^{-1}$	$5,6.10^{-2}$	$6,1.10^{-2}$	$4,7.10^{-2}$
Ca......	$2,9.10^{-1}$	$1,8.10^{-1}$	$2,1.10^{-1}$	$5,1.10^{-1}$	$2,2.10^{-1}$
Mg......	$8,1.10^{-2}$	$7,4.10^{-2}$	$5,5.10^{-2}$	$3,4.10^{-2}$	$5,1.10^{-2}$
Mn......	$1,4.10^{-2}$	$4,4.10^{-2}$	$8,8.10^{-2}$	$2,6.10^{-2}$	$1,1.10^{-2}$
Fe......	$2,4.10^{-2}$	$5,8.10^{-2}$	$1,4.10^{-2}$	$1,3.10^{-2}$	$2,2.10^{-2}$
P.......	$2,5.10^{-2}$	$9,1.10^{-2}$	$6,2.10^{-2}$	$1,7.10^{-2}$	$6,9.10^{-2}$
S.......	$3,1.10^{-2}$	$6,6.10^{-2}$	$3,0.10^{-2}$	$2,7.10^{-2}$	$3,7.10^{-2}$
Cl.......	$2,1.10^{-1}$	$0,9.10^{-1}$	$2,0.10^{-1}$	$1,8.10^{-1}$	$3,1.10^{-1}$
Si.......	$0,9.10^{-2}$	$4,1.10^{-2}$	$4,3.10^{-2}$	$7,5.10^{-2}$	$5,5.10^{-2}$

Les analyses ont été faites par : (1) Mlle N. Voskressensky ; (2) Mme M. Bjelaja ; (3) Mlle T. Gorchkov ; (4) Mme E. Kubovez ; (5) M. A. Vinogradoff ; (6) Mlle N. Voskressensky ; (7) Mlle G. Bergman ; (8) Mlle N. Sadikov ; (9) M. W. Sadikov ; (11) M. I. Starik ; (12) Mlle N. Sadikov. L'analyse (10) est collective.

Sir **Robert Hadfield** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé *A Research on Faraday's « Steel and Alloys »* et d'un canif miniature, fait d'un acier au platine, fabriqué par Faraday.

NOMINATIONS.

M. F. **Mesnil** est désigné pour représenter l'Académie au *Deuxième Congrès international de Pathologie comparée*, qui s'ouvrira le mercredi 14 octobre à la Faculté de Médecine.

MÉMOIRES LUS.

La nouvelle carte hypsométrique de l'Union soviétique, partie européenne, à l'échelle de $\frac{1}{2500000}$, par M. **J. Schokalsky.**

La première carte hypsométrique de cette partie du pays, datée de 1883, était due à M. Tillo. Elle était à l'échelle de $\frac{1}{2520000}$ et comprenait 4 feuilles (sans Caucase), s'arrêtant à la latitude de 60° N. Pour l'établir on possédait environ 56000 altitudes.

La nouvelle carte, construite par M. J. Schokalsky, sous les auspices du Commissariat de chemins de fer, à l'échelle de $\frac{1}{2500000}$, comportera 6 feuilles (avec Caucase). Elle est établie sur une base entièrement nouvelle. Il existe seulement pour une partie minime du pays des levés topographiques avec courbes; pour le reste, il fallait se baser sur des données diverses (nivellements différents, géodésiques, techniques, barométriques et enfin sur les descriptions du relief), sur des relations des travaux géographiques, géologiques, botaniques, itinéraires des voyageurs, etc.

On commença par un recueil des nivellements différents et leur réduction au niveau de la Baltique, à Cronstadt; ainsi réduit on posséda environ 68000^{km} de nivellements des chemins de fer et autres. Pour cela on exécuta plus de 600 nivellements de raccordement.

On rattacha à ce réseau toutes les autres altitudes; on exécuta des nivel-

lements barométriques de grande étendue pour des contrées sans altitudes; on compulsa toute la littérature correspondante.

Le résultat est la carte nouvelle, dont les feuilles I et III sont présentées à l'Académie. Le terrain et les courbes sont gravés et le coloriage est provisoirement fait à la main. Ces deux feuilles à elles seules sont basées sur 50535 altitudes (I-460 et III-50075). Toute la carte possédera environ 250000 altitudes. La feuille I est inédite, elle donne la première représentation du relief de cette partie du pays.

Le relief représenté sur ces deux feuilles est complètement morainique et sa représentation est tout à fait différente de l'ancienne carte.

C'est pour la première fois que ce pays aura une représentation de son relief, basée sur des données abondantes; et la connaissance du relief est indispensable pour nombre de travaux scientifiques et techniques.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *The Century of the Reaper*, by Cyrus McCormick.

2° *La sucrerie de betteraves*, par Ch. Quillard. Préface de René Bouchon. (Présenté par M. C. Matignon.)

THÉORIE DES NOMBRES. — *Nouvelles remarques relatives au dernier théorème de Fermat.* Note de M. **Léon Pomey**, présentée par M. d'Ocagne.

Je suis depuis fort longtemps en possession du résultat communiqué par M. Massoutié, dans la dernière séance de l'Académie (p. 502). J'avais retardé la publication de ma démonstration, très différente de la sienne, pour achever des recherches entreprises en vue d'une généralisation, encore inédite.

Je me propose donc d'établir que, si n est un nombre premier de la forme $6h-1$, l'égalité,

$$x_1^n + x_2^n + x_3^n = 0 \quad (1)$$

ne peut être satisfaite par des entiers $(\gtrless 0)\, x_1, x_2, x_3$ *que si l'un d'eux est divisible par* 3 [1].

En effet, si l'on suppose les nombres x_1, x_2, x_3 premiers avec 3, l'un quelconque d'entre eux, x_i, est de la forme

$$\varepsilon_i + 3\lambda_i \qquad (\varepsilon_i = \pm 1).$$

Mais, en vertu de l'équation (1), ε_1, ε_2 et ε_3 doivent avoir la même valeur ε.

Donc l'expression $(x_i^2 - x_j x_k)$ est divisible par 3. Or si P désigne le quotient

$$\frac{x_i^{2n} - x_j^n x_k^n}{x_i^2 - x_j x_k},$$

on a (*J. M.*, 9[e] série, 4, 1925, p. 3, lemme A)

$$(2) \qquad P = n\,(x_i^2 x_j x_k)^{\frac{n-1}{2}} + \text{mult.}\,(x_i^2 - x_j x_k)^2.$$

Par suite, il vient

$$(3) \qquad P \equiv n \pmod 3.$$

Mais, d'autre part, on a

$$4\,(x_i^{2n} - x_j^n x_k^n) = 3\,(x_j^n + x_k^n)^2 + (x_j^n - x_k^n)^2,$$

expression de la forme $a^2 + 3b^2$. Donc les diviseurs positifs du premier membre (et notamment P) doivent être de cette forme, et P doit être congru (mod 3) à un carré, donc à 1. Par suite, en vertu de la congruence (3), n doit être aussi congru (mod 3) à 1; ce qui est contraire à l'hypothèse. C. Q. F. D.

---

(1) Nous supposons, comme on peut évidemment toujours le faire, que n est premier impair et que x_1, x_2, x_3 sont premiers entre eux deux à deux.

J'emploie les mêmes notations que dans mes divers travaux antérieurs sur le dernier théorème de Fermat : 1° *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 1187; 2° seconde Thèse parue dans le *Journal de Mathématiques p. et appl.*, 9[e] série, 4, 1925, p. 1; 3° *Comptes rendus du Congrès de* 1926 *de l'Ass. franç. p. l'avanc. des Sc.*, p. 67; 4° *Congrès de* 1928, p. 51.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur un problème de M. Gambier dans la déformation des surfaces.* Note [1] de M. **E.-O. Lovett**, transmise par M. J. Hadamard.

On doit à M. Bertrand Gambier (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1312 et 1453, et *Acta mathematica*, 51, 1928, p. 83-151) l'introduction d'une méthode nouvelle, à la fois compréhensive et féconde [2], dans la théorie de la déformation des surfaces. Cette méthode demande la résolution d'un système (S) des équations aux dérivées partielles que je recopie en employant les coefficients de Gauss non pas sous leur forme primitive, mais sous leur forme moderne de façon à avoir $D\,du^2 + 2D'\,du\,dv + D''\,dv^2 \equiv -S\,dc\,dx$:

$$(1)\qquad EE_v - 2EF_u + FE_u = 0$$
$$(2)\qquad GG_u - 2GF_v + FG_v = 0 \qquad (H^2 = EG - F^2),$$
$$(3)\qquad \left(\log\frac{DD''}{H^2}\right)_{uv} = \left(\frac{2FF_v - EG_v - FG_u}{2H^2}\right)_u + \left(\frac{2FF_u - GF_u - FE_v}{2H^2}\right)_v.$$

La formule de Gauss pour la courbure totale devient ici

$$(4)\qquad \frac{DD''}{H^2} = \frac{1}{2H}\left[\frac{1}{H}\frac{FE_v}{E} - G_u\right]_u,$$

l'équation (3) se réduit à la forme

$$(5)\qquad \frac{\sqrt{EG}}{2H}\left[\frac{1}{H}\left(\frac{H^2}{E}\right)_u\right]_u = U(u)\,V(v) \qquad (U,\ V,\ \text{fonctions arbitraires}).$$

On peut supposer, sans restreindre, le produit UV égal à -1 ou $+1$. L'équation (3) prend ou la forme (5) ou les formes équivalentes

$$(6)\qquad \left[\frac{1}{\sqrt{E}}\left(\frac{H}{\sqrt{E}}\right)_u\right]_u = \pm\frac{1}{\sqrt{G}}\left(\frac{H}{\sqrt{E}}\right),$$
$$(7)\qquad \left(\text{arc tang}\,\frac{F}{H}\right)_{uv} = \pm\cos\text{arc tang}\,\frac{F}{H}.$$

De plus, si $\varphi(u, v)$ et $\psi(u, v)$ vérifient l'équation

$$(8)\qquad (\varphi\,\text{tang}\,\psi)_u - \left(\frac{\varphi_u}{\psi_v}\right)_v = 0,$$

[1] Séance du 14 septembre 1931.

[2] Voir aussi la Note de M. Gambier, *Surfaces de Voss-Guichard* (*Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1280).

on démontre sans difficulté : 1° que les formules suivantes

$$(9)\qquad E=\left(\frac{\varphi_u}{\psi_v}\right)^2,\qquad F=\frac{\varphi\varphi_u\,\mathrm{tang}\psi}{\psi_v},\qquad G=\varphi^2\,\mathrm{séc}^2\psi$$

représentent une solution des équations (1) et (2), et 2° que l'équation

$$(10)\qquad \psi_{uv}=\pm\cos\psi$$

est une conséquence des équations (5) et (9).

On cherche donc une solution de ψ de (10) puis une solution φ de (8). Sur cette réduction du système (S) à l'intégration de deux équations aux dérivées partielles du second ordre, l'une à deux fonctions $\varphi(u, v)$, $\psi(u, v)$ et l'autre à une fonction $\psi(u, v)$, on peut ajouter que : 1° l'équation (8) est par rapport à φ une équation de Laplace qui admet une intégrale intermédiaire si $\psi_{uv}=0$, condition incompatible avec l'équation (10); 2° suivant un théorème de Sophus Lie sur l'équation $s=f(z)$, l'intégration de l'équation (10) est impossible par la méthode de Darboux [1]; 3° en vertu de la transformation de Lie [2], l'équation (10) montre que chaque surface pseudosphérique produit avec l'équation (8) un groupe de surfaces possédant la propriété caractéristique des surfaces de M. Gambier, et 4° si l'on fait entrer les variables indépendantes sous les combinaisons $(u+v)$ et $(u-v)$, les équations (8) et (10) deviennent, dans certains cas, intégrables.

Ainsi, pour $\varphi=\varphi(u\pm v)$ et $\psi=\psi(u\pm v)$, l'équation (8) s'écrit

$$(11)\qquad \left(\frac{\varphi'}{\psi'}\right)'-(\varphi\,\mathrm{tang}\psi)'=0,$$

les accents désignant des différentiations par rapport à $(u\pm v)$. On en déduit certaines solutions de S (déjà trouvées par M. Gambier)

$$(12)\qquad \left\{\begin{aligned}\sqrt{E}&=\varphi(u\pm v)\,\mathrm{tang}\,\psi(u\pm v)+a=(a\,\mathrm{séc}\psi+b\,\mathrm{tang}\psi)\,\mathrm{séc}\psi,\\ F&=\varphi\,\mathrm{tang}\psi(\varphi\,\mathrm{tang}\psi+a)=(a\,\mathrm{séc}\psi+b\,\mathrm{tang}\psi)(a\,\mathrm{tang}\psi+b\,\mathrm{séc}\psi)\,\mathrm{séc}\psi\,\mathrm{tang}\psi,\\ \sqrt{G}&=\varphi\,\mathrm{séc}\psi=(a\,\mathrm{tang}\psi+b\,\mathrm{séc}\psi)\,\mathrm{séc}\psi\\ &\qquad (a,\ b,\ \text{constantes quelconques}),\end{aligned}\right.$$

où $\psi(u\pm v)$ dérive de l'équation $\psi''=\pm\cos\psi$ qui s'intègre au moyen des fonctions elliptiques. Réciproquement, pour $\varphi=\lambda(\psi)$ ou $E=\mu^2(\psi)G$, les équations (8) et (9) conduisent à des équations qui, si $\psi_v=\pm\psi_u$, se réduisent aux équations intégrables

$$(13)\qquad \lambda''-\lambda'\,\mathrm{tang}\psi-\lambda\,\mathrm{séc}^2\psi=0,\qquad \mu'\pm(1-\mu^2)\,\mathrm{séc}\psi=0.$$

(1) Cf. GOURSAT, *Leçons sur l'intégration des équations aux dérivées partielles du second ordre*, 2, p. 182-186.

(2) Cf. EISENHART, *Differential Geometry*, p. 289.

De plus, les équations (8) et (9) donnent, si $E = G$,

$$(14)\quad \begin{cases} \varphi_u = \varphi\psi_v \operatorname{séc}\psi, \qquad (\varphi \operatorname{séc}\psi)_v - (\varphi \operatorname{tang}\psi)_u = 0, \qquad \varphi_v = \varphi\psi_u \operatorname{séc}\psi, \\ \psi_{uu} - \psi_{vv} + (\psi_u^2 - \psi_v^2) \operatorname{tang}\psi = 0; \end{cases}$$

d'où l'on tire, à facteurs constants près,

$$(15)\quad \begin{cases} \log \operatorname{tang}\left(\frac{\psi}{2} + \frac{\pi}{4}\right) = \alpha(u+v) + \beta(u-v), \qquad \log\varphi = \alpha - \beta \\ (\alpha, \beta, \text{ fonctions arbitraires}). \end{cases}$$

Les solutions $E = G$ de (Σ) sont donc exprimées par les formules

$$(16)\quad \begin{cases} \sqrt{E} = \xi(u+v) + \eta(u-v), \qquad F = \xi^2 - \eta^2, \qquad \sqrt{G} = \xi + \eta, \\ \left[\frac{(\sqrt{\xi\eta})_u}{\xi + \eta}\right]_u = \pm \frac{\sqrt{\xi\eta}}{\xi + \eta}. \end{cases}$$

Plus généralement, la substitution

$$(17)\quad \frac{\varphi_u}{\psi_v} = \rho(u+v) + \sigma(u-v), \qquad \varphi \operatorname{tang}\psi = \rho - \sigma$$

satisfait à l'équation (8) et conduit aux solutions de (Σ)

$$(18)\quad \begin{cases} E = (\rho + \sigma)^2, \qquad F = \rho^2 - \sigma^2, \qquad G = (\rho - \sigma)^2 + \varphi^2, \\ \left(\frac{\varphi_u}{\rho + \sigma}\right)_u = \pm \frac{\varphi}{\sqrt{\varphi^2 + (\rho - \sigma)^2}}, \end{cases}$$

On retrouve (16) pour $\varphi = 2\sqrt{\rho\sigma}$, et (12) pour σ ou ρ constant.

Remarques sur la Note précédente, par M. **Hadamard.**

M. Gambier attire, à juste titre, mon attention sur la question de notation qui se pose à propos des coefficients D, D′, D″ de la seconde forme fondamentale relative aux surfaces.

Gauss, créateur de la théorie de la déformation des surfaces a introduit les coefficients D, D′, D″ définis par l'identité

$$\left| \frac{\partial x}{\partial u} \; \frac{\partial x}{\partial v} \; d^2x \right| = D\, du^2 + 2D'\, du\, dv + D''\, dv^2.$$

Mais, en perfectionnant la théorie, les géomètres ont remarqué que la forme ainsi définie n'est pas une forme intrinsèque tandis que la

forme ($H = \sqrt{EG - F^2}$),

$$\frac{1}{H}\begin{vmatrix} \frac{\partial x}{\partial u} & \frac{\partial x}{\partial v} & d^2 x \end{vmatrix},$$

a une signification géométrique intrinsèque à savoir ($-$ S $dc\,dx$), au signe près, produit scalaire de l'arc infinitésimal de la surface étudiée et de l'arc correspondant de la représentation sphérique L'usage a prévalu, sauf en France où l'on a conservé aux notations de Gauss leur sens primitif, d'appeler désormais D, D', D'' les coefficients nouveaux (égaux au quotient des anciens par H). Cette discordance ne doit pas être perdue de vue dans la comparaison des résultats du Traité classique de Darboux, par exemple, avec ceux des Mémoires étrangers récents.

M. Gambier, qui a signalé cette confusion possible dans ses fascicules et dans le Mémoire des *Acta* cité par M. Lovett, écrit l'équation (3) de la Note précédente sous la forme

$$\left(\log\frac{DD''}{H^2}\right)_{uv} = \left(\frac{GE_v - FG_u}{2H^2}\right)_u + \left(\frac{EG_u - FE_v}{2H^2}\right)_v,$$

qui coïncide avec celle de la Note de M. Lovett si l'on tient compte du changement de notation.

Certains géomètres français, tel M. Vessiot, par exemple, adoptent la notation E', F', G' pour les coefficients primitifs de Gauss et L, M, N pour les nouveaux.

ÉLASTICITÉ. — *Sur l'équilibre élastique d'une plaque rectangulaire épaisse.* Note de M. **B. Galerkin**, présentée par M. Mesnager (1).

La plaque est limitée par les surfaces planes $x = \pm\frac{1}{2}a$, $y = \pm\frac{1}{2}b$ et $z = \pm\frac{1}{2}\delta$ et se trouve sous l'action des tensions appliquées à la surface $z = -\frac{1}{2}\delta$. Au bord $x = \pm\frac{1}{2}a$ la plaque est appuyée librement. Les appuis $y = \pm\frac{1}{2}b$ sont arbitraires.

Nous nous servons des fonctions φ_1 et φ_3 (2) pour la détermination des

(1) Ce dernier a donné (*Comptes rendus*, **164**, 1917, p. 721) la solution d'un cas particulier de ce problème.

(2) *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1047.

tensions et des déplacements. Nous choisissons ces fonctions sous la forme suivante :

$$(1)\quad \varphi_1 = \sum \Big[F_n \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a} - G_n z \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a} + \frac{1}{1-\sigma} H_n z^2 \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a} + K_n \sigma \left(z^3 \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a} - \frac{3a}{n\pi} zy \operatorname{sh} \frac{n\pi y}{a} \right) + \Sigma F'_n \operatorname{sh} \frac{n\pi y}{2} + G'_n z \operatorname{sh} \frac{n\pi y}{a} + \frac{1}{1-\sigma} H'_n z^2 \operatorname{sh} \frac{n\pi y}{a} + K'_n \sigma \left(z^3 \operatorname{sh} \frac{n\pi y}{a} - \frac{3a}{n\pi} zy \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a} \right) \Big] \cos \frac{n\pi(a+2x)}{2a};$$

$$(2)\quad \varphi_3 = f(x, y, z) + \sum \Big\{ -\frac{1}{2(1-\sigma)} G_n y \operatorname{sh} \frac{n\pi y}{a} + \frac{1}{1-\sigma} H_n \Big[\frac{n\pi}{3a} (1+\sigma-\sigma^2) z^3 \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a} - (1-\sigma^2) zy \operatorname{sh} \frac{n\pi y}{a} + \frac{2(1-\sigma)a}{n\pi} z \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a} \Big] - \frac{1}{2(1-\sigma)} G'_n y \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a} + \frac{1}{1-\sigma} H'_n \Big[\frac{n\pi}{3a} (1+\sigma-\sigma^2) z^3 \operatorname{sh} \frac{n\pi y}{a} - (1-\sigma^2) zy \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a} + \frac{2(1-\sigma)a}{n\pi} z \operatorname{sh} \frac{n\pi y}{a} \Big] + K_n \Big[\frac{n\pi}{2a} \left(z^4 \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a} - \frac{3a}{n\pi} z^2 y \operatorname{sh} \frac{n\pi y}{a} \right) + \frac{3\delta^2}{8(1-\sigma)} y \operatorname{sh} \frac{n\pi y}{a} \Big] + K'_n \Big[\frac{n\pi}{2a} \left(z^4 \operatorname{sh} \frac{n\pi y}{a} - \frac{3a}{n\pi} z^2 y \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a} \right) + \frac{3\delta^2}{8(1-\sigma)} y \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a} \Big] \Big\} \frac{n\pi(a+2\pi)}{2a}.$$

La fonction $f(x, y, z)$ est une fonction de chargement. Nous désignerons les tensions, ainsi que les déplacements, qui y correspondent, par

$$\overline{X_x},\ \overline{Y_y},\ \ldots,\ \overline{u},\ \overline{v},\ \overline{w}.$$

Cette fonction doit être choisie de telle sorte que, si $x = \pm \frac{1}{2}a$, $\overline{X_x} = 0$ et $\overline{w} = 0$. Sur la surface $z = -\frac{1}{2}\delta$, $\overline{Z_z} = -p$, $\overline{Z_y} = \overline{X_z} = 0$; si $z = \frac{1}{2}\delta$, $\overline{Z_z} = \overline{Z_y} = \overline{X_z} = 0$; p est le chargement sur l'unité de la surface.

Les tensions devront être écrites comme il suit ([1]):

$$(3)\quad X_x = \overline{X_x} + \sum \Big\{ -F_n \frac{n^3\pi^3}{a^3} \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a} - G_n \frac{n^3\pi^3}{a^3} z \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a} + H_n \Big[\frac{\sigma n^3\pi^3}{a^3} z^2 \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a} - 2(1+\sigma) \frac{n\pi}{a} \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a} - (1+\sigma) \frac{n^2\pi^2}{a^2} y \operatorname{sh} \frac{n\pi y}{a} \Big] + K_n \Big[(2-\sigma) \frac{n^3\pi^3}{a^3} z^3 \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a} - 3(1-\sigma) \frac{n^2\pi^2}{a^2} zy \operatorname{sh} \frac{n\pi y}{a} + 6\sigma \frac{n\pi}{a} z \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a} \Big] + \ldots \Big\} \sin \frac{n\pi(a+2x)}{2a}.$$

([1]) Nous omettrons les termes avec les coefficients F′, G′, H′ et R′.

et

$$(4)\quad Y_x = \overline{Y_y} + \sum \Big\{ F_n \frac{n^3\pi^3}{a^2} \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a} + G_n \frac{n^3\pi^3}{a^3} z \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a}$$
$$+ H_n \left[- \frac{\sigma n^3 \pi^3}{a^3} z^2 \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a} + (1+\sigma) \frac{n^2\pi^2}{a^2} y \operatorname{sh} \frac{n\pi y}{a} \right]$$
$$+ K_n \Big[-(2-\sigma) \frac{n^3\pi^3}{a^3} z^3 \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a} + 3(1-\sigma) \frac{n^2\pi^2}{a^2} zy \operatorname{sh} \frac{n\pi y}{a}$$
$$+ 6 \frac{n\pi}{a} z \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a} \Big] + \ldots \Big\} \sin \frac{n\pi(a+2x)}{2a}.$$

$$(5)\quad Z_z = \overline{Z_z}.$$

$$(6)\quad Z_y = \overline{Z_y} + \frac{3\pi^2}{4a^2} (\delta^2 - 4z^2) \sum \left(K_n n^2 \operatorname{sh} \frac{n\pi y}{a} + \ldots \right) \sin \frac{n\pi(a+2x)}{2a}.$$

$$(7)\quad X_z = \overline{X_z} + \frac{3\pi^2}{4a^2} (\delta^2 - 4z^2) \sum \left(K_n n^2 \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a} + \ldots \right) \cos \frac{n\pi(a+2x)}{2a}.$$

$$(8)\quad Y_x = \overline{Y}_x + \sum \Big\{ F_n \frac{n^3\pi^3}{a^3} \operatorname{sh} \frac{n\pi y}{a} + G_n \frac{n^3\pi^3}{a^3} z \operatorname{sh} \frac{n\pi y}{a}$$
$$+ H_n \Big[- \frac{\sigma n^3\pi^3}{a^3} z^2 \operatorname{sh} \frac{n\pi y}{a} + (1+\sigma) \frac{n\pi}{a} \operatorname{sh} \frac{n\pi y}{a}$$
$$+ (1+\sigma) \frac{n^2\pi^2}{a^2} y \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a} \Big]$$
$$+ K_n \Big[-(2-\sigma) \frac{n^3\pi^3}{a^3} z^3 \operatorname{sh} \frac{n\pi y}{a}$$
$$+ 3(1-\sigma) \frac{n\pi}{a} z \operatorname{sh} \frac{n\pi y}{a} + 3(1-\sigma) \frac{n^2\pi^2}{a^2} zy \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a} \Big] + \ldots \Big\} \cos \frac{n\pi(a+2x)}{2a}.$$

$$(9)\quad w = \overline{w} - \frac{1+\sigma}{E} \sum \Big\{ G_n \frac{n\pi}{a} \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a} - 2 H_n \sigma \frac{n\pi y}{a} z \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a}$$
$$+ 3 K_n \Big[\frac{\sigma n\pi}{a} z^2 \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a}$$
$$+ (1-\sigma) y \operatorname{sh} \frac{n\pi y}{a} - \frac{n\pi\delta^2}{2a} \operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a} \Big] + \ldots \Big\} \sin \frac{n\pi(a+2x)}{2a}.$$

Disposant des formules (3) à (9), on peut déterminer les coefficient F_n, F'_n, G_n, G'_n, ... d'après les conditions aux bords $y = \pm \frac{b}{2}$.

Si la plaque est appuyée, on peut, par exemple, satisfaire aux conditions suivantes sur les bords $y = \pm \frac{1}{2} b$.

$$(a)\ \int_{-\frac{1}{2}\delta}^{\frac{1}{2}\delta} Y_y dz = 0, \qquad (b)\ \int_{-\frac{1}{2}\delta}^{\frac{1}{2}\delta} Y_z dz = 0, \qquad (c)\ \int_{-\frac{1}{2}\delta}^{\frac{1}{2}\delta} Y_x dz = 0, \qquad (d)\ w = 0,$$

ayant la valeur donnée de z.

En cas de bords $y = \pm \frac{1}{2} b$ encastrés, il faudrait satisfaire sur les

supports $y = \pm \frac{1}{2} b$ aux conditions (a), (c), (d) et $(e)\ \frac{\partial w}{\partial y} = 0$, ayant la valeur donnée de z.

Avec cela nous supposons que $\overline{Y}_y$, $\overline{Y}_x$ et $\overline{w}$ se transforment en séries trigonométriques conformes.

BALISTIQUE. — *Sur l'équation fondamentale de la balistique extérieure.* Note [1] de M. **Kourensky**, présentée par M. Elie Cartan.

1. L'intégration du système des équations du mouvement du centre de gravité du projectile

(1) $$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{w}{v}\frac{dx}{dt}, \qquad \frac{d^2z}{dt^2} = -\frac{v}{w}\frac{dz}{dt} - g,$$

où x désigne l'abscisse, z l'ordonnée de la trajectoire du projectile, v la vitesse à l'instant t, w la résistance de l'air et g l'accélération de la gravitation, se réduit à l'intégration d'une équation fondamentale de la forme

(2) $$dz' = \left(\frac{z'}{x'} + \frac{g}{w}\cdot\frac{v}{x'}\right)dx'.$$

Souvent à l'aide des coordonnées polaires

$$x' = v\cos\omega, \qquad z' = v\sin\omega,$$

on écrit l'équation fondamentale sous la forme

$$dv = \left(\frac{w}{g} + \sin\omega\right)\frac{v\cos\omega}{d\omega}, \qquad \text{ou} \qquad g\,d(v\cos\omega) = wv\,d\omega.$$

2. En utilisant le système (1), l'équation fondamentale (2) peut s'écrire

$$\left(\frac{dz'}{dx'} - \frac{z'}{x'}\right)^2 = \left(1 + \frac{z'^2}{x'^2}\right)\frac{g^2}{w^2}.$$

Posons

$$x' = y; \qquad \frac{z'}{x'} = \operatorname{tang}\omega = F.$$

Nous obtiendrons

(3) $$\frac{dF}{\sqrt{1+F^2}} = \frac{g}{cf(y\sqrt{1+F^2})}\,\frac{dy}{y},$$

[1] Séance du 5 octobre 1931.

en prenant pour la résistance de l'air

$$w = cf(v) = cf\left(y\sqrt{1+F^2}\right) \qquad (c = \text{const.}).$$

Pour la loi de résistance $f(v) = av^n$, nous viendrons à la séparation des variables. La loi $\frac{w}{g} = a + bv^n$ conduit à l'équation de Bernoulli. Ces cas sont étudiés.

La loi très générale

$$f(v) = a_{-1}v^{-1} + a_0 + a_1 v + a_2 v^2 + a_3 v^3 + \ldots + a_{n-1} v^{n-1},$$

conduit, en posant

$$\frac{ca_{-1}}{g}\left(\sqrt{1+F^2}\right)^{-2} = f_0; \qquad \frac{ca_0}{g}\left(\sqrt{1+F^2}\right)^{-1} = f_1.$$
$$\frac{ca_1}{g} = f_2; \qquad \frac{ca_2}{g}\sqrt{1+F^2} = f_3, \qquad \ldots,$$

à l'équation fondamentale suivante :

$$\frac{dy}{dF} = f_0 + f_1 y + f_2 y^2 + f_3 y^3 + \ldots + f_n y^n.$$

Pour $a_{-1} = 0$, les constantes $a_0, a_1, a_2, \ldots, a_{n-1}$ sont faciles à calculer par la méthode des moindres carrés.

3. Pour les lois $f(v) = a_{-1}v^{-1} + a_0 + a_1 v + a_2 v^2$,

$$f(v) = a_0 + a_1 v + a_2 v^2, \tag{4}$$

nous avons

$$\frac{dy}{dF} = f_0 + f_1 y + f_2 y^2 + f_3 y^3; \qquad \frac{dy}{dF} = f_1 y + f_2 y^2 + f_3 y^3. \tag{5}$$

Suivant les recherches de M. P. Appell [1], les équations (5) se réduisent à la forme canonique

$$\frac{dY}{dX} = Y^3 + J(X), \tag{6}$$

où la fonction $J(X)$ est l'invariant absolu.

Les trois méthodes actuelles de la solution du problème fondamental de la balistique extérieure : 1° *la méthode de Gâvre,* 2° *la méthode de MM. Dufrénois et Rousier et* 3° *la méthode M. G. N.* [2], *font usage des lois de la résistance de l'air, qui sont des cas particuliers de la loi* (4), *correspondant à l'équation fondamentale* (6).

---

[1] P. Appell, *Journal de Liouville*, 4e série, 5, 1889, p. 370.

[2] Dufrénois, Risser et Rousier, *Les méthodes actuelles de la balistique extérieure*, Paris, 1921.

ASTRONOMIE. — *Sur les inconvénients de l'emploi de quatre étoiles dans le rattachement local de deux clichés à grand champ, même fortement décentrés.* Note (¹) de M. **J.-Ph. Lagrula**, transmise par M. Ernest Esclangon.

I. Sous la forme la plus générale, les équations de la correspondance homologique par projection centrale, *supposée existante* dans la région commune à un cliché d'observation P et un cliché standard P', contiennent 8 constantes distinctes que le relevé de la position de 4 points conjugués non alignés (étoiles de référence 1, 2, 3, 4, 1', 2', 3', 4') suffit évidemment à déterminer. La conjugaison des origines réduit à 6, au lieu de 8, le nombre des équations linéaires dont la résolution fournirait les valeurs des 6 constantes A, B, a, b, a', b', permettant de passer de la position observée x_{10}, y_{10}, d'un cinquième objet O (astéroïde, comète, etc.), à sa position standard x'_{10}, y'_{10} en posant $i=0$ dans les équations de l'homographie, savoir :

$$x'_{1i}=(ax_{1i}+by_{1i}):(\mathrm{A}x_{1i}+\mathrm{B}y_{1i}+1), \qquad y'_{1i}=(a'x_{1i}+b'y_{1i}):(\mathrm{A}x_{1i}+\mathrm{B}y_{1i}+1),$$

où, par le premier indice 1, on spécifie que les points conjugués 1, 1', par exemple, sont retenus comme origines de coordonnées dans des systèmes d'axes, d'ailleurs quelconques, de même que les modules d'échelle.

II. On évite l'explicitation des constantes en remarquant que le système $i=0, 2, 3, 4$ des 8 équations précédentes se prête à leur élimination. On pose $y_{1i}:x_{1i}=u_{1i}$, et l'on écrit sous forme symbolique que le déterminant $\mathrm{D}_1=(1, u_{1i}, u'_{1i}, u_{1i}u'_{1i})=0$, équation à une seule inconnue $u'_{10}=y'_{10}:x'_{10}$. Une nouvelle conjugaison des origines en 22', par exemple, conduit à une seconde équation $\mathrm{D}_2=0$, où $i=0, 1, 3, 4$, et dont on tire

$$u'_{20}=(y'_{10}-y'_{12}):(x'_{10}-x'_{12}.$$

Du couple de rapports précédents, on déduit la position standard cherchée O' de l'objet.

III. D'ailleurs, ainsi que M. Gent vient de le signaler récemment (*Bull. Astr. Inst. Netherlands*, 6, n° 216), il est encore plus avantageux de dégager, dans chaque équation $\mathrm{D}=0$, la propriété géométrique qu'elle

(¹) Séance du 5 octobre 1931.

exprime, savoir : l'identité, sur les deux figures, du rapport anharmonique relatif à chaque faisceau de 4 droites conjuguées issues de l'origine. La structure analytique est alors :

$$\frac{u_4 - u_2}{u_4 - u_3} : \frac{u_0 - u_2}{u_0 - u_3} = \frac{u'_4 - u'_2}{u'_4 - u'_3} : \frac{u'_0 - u'_2}{u'_0 - u'_3},$$

algorithme de calcul dont l'auteur propose l'application dans le rattachement de deux clichés quelconques. Cette élégante solution du problème, tel que se l'est posé M. Gent, est rigoureuse et ne comporte aucune restriction concernant les axes, les échelles, le champ et l'aire de sélection des étoiles de repère. Mais, quant à l'intérêt de son introduction dans la pratique courante, qu'il nous soit permis de présenter les réserves suivantes :

1° Le calcul est laborieux ; avec la vérification indispensable qu'indique l'auteur, il ne comporte pas moins de 78 sommes algébriques, 14 produits et 34 quotients de couples distincts de nombres à 4 ou 5 figures. On est loin de la rapidité de la méthode des 3 dépendances habilement appliquée (*Comptes rendus*, 189, 1929, p. 88) : 10 différences de coordonnées, puis seulement 11 sommes, 7 produits et 3 quotients à 3 figures.

2° Deux quadrilatères quelconques sont toujours conjugables par projection centrale. La méthode est donc impuissante à déceler des erreurs fortuites sur les mesures ou la documentation standard. Cette vérification exigerait soit l'introduction d'une cinquième étoile surabondante, soit la détermination indépendante de certaines des constantes de l'homographie, complication considérable ici, insignifiante quand on procède par la méthode des dépendances où, dans le cas d'un triangle, s'impose la même vérification.

3° L'auteur fait abstraction d'une donnée d'observation importante : la position relative des deux centres de clichés, documentation à la base de la réduction locale de l'homologie à l'homographie linéaire, opération exécutable en 3 minutes, et qui permet la limitation à trois du nombre d'étoiles de repère et le rejet de la complexité du calcul ci-dessus sous forme finie.

4° En raison, principalement, de la réfraction et des aberrations d'ordre optique, les deux figures ne sont pas homologiquement conjuguées. Ce n'est approximativement vrai que dans une aire dont l'étendue décroît avec la hauteur. Au delà, des corrections convenables sont de rigueur, complication d'ailleurs commune à toutes les méthodes de rattachement. Il y a donc intérêt à choisir des étoiles de repère très rapprochées de l'objet. De ce

chef, la liberté de sélection que réserve la méthode de M. Gent, et dont il use dans un carré de 3° de côté, ne serait avantageuse que si l'apparence véritable du ciel répondait à l'hypothèse fondamentale.

5° Enfin la Note est présentée comme résolvant une difficulté signalée par M. Gonnessiat (*J. O.*, 13, n° 4, p. 64), dans l'usage de trois dépendances sur les clichés à grand champ, quand l'objet est près du bord et la distance angulaire des centres considérable. Mais M. Gonnessiat n'avait pas tenu compte de la possibilité d'effectuer, dans tous les cas usuels, le *calcul* de rattachement, avec la même rigueur et sensiblement la même rapidité. Nous en avons donné la démonstration (*Comptes rendus*, 191, p. 602), et évalué (*J. O.*, 14, n° 4, p. 64 à 67), ce que réitère M. Gent, l'importance de l'erreur qu'introduirait l'omission de la réduction à la forme linéaire qu'impose l'application de la méthode de Schlesinger, la seule *à la fois* rapide, correcte et toujours praticable.

OSCILLATIONS ÉLECTRIQUES. — *Les gaz ionisés et le fonctionnement des lampes à grille positive*. Note de M. **Th. V. Ionescu**, présentée par M. A. Cotton.

J'ai montré [1] qu'on peut calculer la vitesse de propagation des ondes électriques dans des tubes à gaz ionisé en admettant pour ces gaz une période propre de vibrations [2].

Je me propose de montrer maintenant que, si l'on tient compte de ces vibrations, on peut expliquer le fonctionnement des lampes à grille positive et qu'on obtient la formule de Barkhausen.

---

(1) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 928.

(2) A la suite de ma Communication, M. Placinteanu a publié dans les *Comptes rendus* (193, 1931, p. 286) une Note où il affirme que j'avais ignoré l'instabilité du modèle considéré par moi, ainsi que l'existence d'une deuxième fréquence. Ces affirmations sont inexactes. C'est précisément la connaissance de cette instabilité qui m'a obligé à introduire dans mes calculs seulement le déplacement perpendiculaire à la ligne d'union des ions positifs voisins, dans le modèle considéré par moi.

Quant à la deuxième fréquence, elle n'existe pas.

L'expression donnée par M. Platinceanu :

$$\nu' = \frac{e^2}{2\pi}\left(\frac{3m}{4\pi N}\right)^{\frac{1}{6}},$$

n'est pas homogène à une fréquence.

Soient :

l et r la longueur et le rayon de la grille;
$s = 2\pi r \times l$ sa surface;
V le potentiel de la grille;
$r = \sqrt{\frac{2Ve}{m}}$ la vitesse des électrons dans le voisinage de la grille;
$I = \frac{2l}{9}\sqrt{2\frac{e}{m}}\frac{V^{\frac{3}{2}}}{r}$ le courant électronique donné par la formule de Langmuir;
$\rho = \frac{I}{s.r} = \frac{V}{9\pi r^2}$ la densité des électrons autour de la grille.

En admettant que le nombre N d'ions positifs autour de la grille est proportionnel à la densité des électrons, on trouve

$$Ne = K\rho = \frac{k}{9\pi}\frac{V}{r^2}.$$

En introduisant la valeur Ne dans l'expression de la fréquence propre du gaz ionisé,

$$\nu = \frac{2}{\pi}\sqrt{\frac{Ne^2}{m}},$$

on a

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{c}{\frac{2}{\pi}\sqrt{\frac{e}{m}\frac{k}{9\pi}\frac{V}{r^2}}}.$$

Pour une pression de gaz donnée,

$$\lambda^2 V = \frac{c^2}{\frac{4}{9}\frac{k}{\pi^3}\frac{e}{m}\frac{1}{r^2}} = \text{const.}$$

C'est la formule de Barkhausen, déduite de la période propre du gaz ionisé; on sait que Barkhausen l'a obtenue en considérant le temps nécessaire à un électron pour parcourir la distance filament plaque.

Le fonctionnement des lampes à grille positive commence au moment où le potentiel de la grille a la valeur suffisante pour produire le courant de saturation (¹). Dans ce cas on a des paquets d'électrons qui entretiennent les oscillations du gaz ionisé. La fréquence ν' de ces paquets dépend aussi

(¹) KALININ, *Ann. der Physik*, 2, 1929, p. 498. — M. J. O. STRUTT, *Ann. der Physik*, 4, 1930, p. 17.

probablement des dimensions intérieures de la lampe. Lorsque ν, qui est fonction de V, a à peu près la même valeur que ν' ou un de ses multiples, la résonance se produit entre la vibration propre du gaz et la fréquence des paquets d'électrons. Les oscillations s'amorcent. C'est ainsi qu'on explique pourquoi les oscillations peuvent être entretenues pour quelques fréquences discrètes, d'accord avec la formule de Barkhausen, et en même temps, pour que, en maintenant le chauffage du filament constant, on obtient d'autres régions de vibrations en augmentant le potentiel de la grille. Ces nouvelles vibrations ne vérifient pas la formule de Barkhausen mais elles peuvent être expliquées en admettant que ν est un multiple de ν'.

Les observations de M. Pierret (¹) qui montre que certaines lampes n'oscillent bien, que lorsque les électrodes sont assez chauffées, et qui explique ce fait en admettant que les électrodes produisent du gaz sont en concordance avec notre explication.

La diminution de la longueur d'onde par l'accroissement de la pression du gaz (²) aussi bien que par le chauffage du filament, à potentiel de grille constant, s'explique par l'augmentation de la densité d'ionisation autour de la grille.

OSCILLATIONS ÉLECTRIQUES. — *Méthode de mesure d'un champ magnétique alternatif de haute fréquence.* Note de M. **F. Esclangon**, présentée par M. A. Cotton.

L'étude de la décharge sans électrodes dans les gaz raréfiés m'a amené à étudier des dispositifs pour déterminer en valeur absolue des champs magnétiques alternatifs uniformes de plusieurs dizaines de gauss et d'une fréquence de l'ordre de 10^7 par seconde ($\lambda = 30^m$) produits à l'intérieur d'une bobine de quelques spires excitée en ondes entretenues par une lampe triode. Les échauffements par courants de Foucault dans une pièce métallique permettent d'effectuer des mesures relatives; si la pièce métallique a des formes géométriques simples, le calcul peut être poussé jusqu'au bout et donner une valeur absolue du champ.

Une masse métallique de forme géométrique relativement simple et dont

---

(¹) E. Pierret, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1428.

(²) Grechowa, *Z. f. Physik*, 35, 1926, p. 59. — Kapzov, *Z. f. Physik*, 38, 1926, p. 129.

l'échauffement est facile à mesurer est réalisée par le réservoir cylindrique d'un thermomètre à mercure. La présente Note a pour objet de rendre compte de quelques expériences sommaires montrant qu'un thermomètre à mercure peut effectivement servir à des mesures absolues de champ.

Pour les fréquences employées, la pénétration des courants dans le mercure est faible : $a = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\rho}{N}}$ (où ρ est la résistivité en unités électromagnétiques et N la fréquence de l'oscillation); elle est de $\frac{1}{6}$ de millimètre environ pour une fréquence de l'ordre de 10^7. Si le réservoir a quelques millimètres de diamètre, on peut calculer l'énergie dépensée dans le métal. La puissance absorbée est de

$$\frac{1}{8} d\sqrt{N\rho}\,H^2 . 10^{-7} \text{ watt}$$

par unité de longueur, en appelant H l'intensité *efficace* du champ et d le diamètre du réservoir. La masse en eau du mercure peut être calculée; on peut en déduire la vitesse d'échauffement en degrés par seconde en fonction du champ, de la fréquence et du diamètre du réservoir.

Mes expériences ont eu pour but de vérifier à quelques centièmes près que la vitesse d'échauffement est bien proportionnelle au carré du champ et à la racine carrée de la fréquence.

Une détermination de la valeur du champ nécessite les mesures de la fréquence, du diamètre du réservoir et de la vitesse d'échauffement.

J'ai fait la mesure de la fréquence avec un ondemètre à résonance suivant la méthode courante, à $\frac{1}{80}$ près.

Pour mesurer le diamètre intérieur du réservoir, j'ai plongé le réservoir dans une cuve à faces parallèles contenant un mélange de benzine et de sulfure de carbone d'indice égal à celui du verre. J'ai pu alors viser le contour apparent du mercure avec le microscope d'une machine à diviser. La précision de la mesure est supérieure à l'approximation avec laquelle le réservoir est cylindrique et de révolution.

La mesure de la vitesse d'échauffement se fait par inscription graphique. La colonne mercurielle rencontre successivement deux contacts électriques soudés à la tige et ramène successivement de — 4 volts à 0 volt le potentiel de grille de deux lampes amplificatrices. La variation du courant de plaque fait dévier l'aiguille d'un magnéto-oscillographe qui enregistre l'instant exact de la fermeture du circuit. Les contacts ne travaillent ainsi que sur un courant de 4 microampères, sans self sur le circuit. Avec un dérouleur

dévidant 5cm à la seconde, on peut apprécier $\frac{1}{50}$ de seconde sur une durée totale de 5 à 25 secondes.

Un voltmètre Abraham-Villard placé aux bornes de la bobine oscillante indiquait la différence de potentiel oscillant efficace. J'ai pu vérifier, à la précision cherchée de quelques centièmes, que la vitesse d'échauffement était bien proportionnelle au carré du champ. La même bobine ayant été utilisée pour deux fréquences différentes, les résultats ont pu être comparés à la précision voulue d'une fréquence à l'autre. Les mesures ont porté sur deux thermomètres de dimensions différentes; ils ont donné des résultats comparables.

Afin de vérifier les mesures absolues, j'ai mesuré la valeur de la self de la bobine; la différence de potentiel aux bornes et la fréquence permettent de calculer l'intensité; on peut en déduire le champ connaissant les dimensions géométriques de la bobine. L'accord s'est trouvé satisfaisant à la précision cherchée.

Cette méthode semble donc applicable même pour des mesures absolues. Les principales causes d'erreur sont : les écarts de la forme du réservoir avec la forme géométrique supposée; les perturbations dues aux bouts des réservoirs et à l'échauffement de la colonne mercurielle; le refroidissement du thermomètre par rayonnement au cours de l'expérience. En outre, la présence du thermomètre absorbe quelques watts et perturbe le circuit oscillant. Ces erreurs peuvent être diminuées ou donner lieu à des corrections calculables, et ces expériences montrent que, utilisée avec précaution, cette méthode peut donner des résultats relativement précis.

RAYONS X. — *Sur quelques expériences concernant la réflexion des rayons X.* Note de M. **B. Demetrović**, présentée par M. M. de Broglie.

Les effets de réflexion des rayons X, que Compton a réussi à mettre en évidence, après avoir été longtemps recherchés sans succès nous apparaissent susceptibles d'être observés plus souvent et plus facilement que l'on ne croit.

Pour la première fois nous trouvons décrit par Kœhler (1) un phénomène qu'il faut attribuer à la réflexion des rayons X. Un peu plus tard Einstein (2)

(1) A. Kœhler, *Fortschr. a. d. Geb. d. Roentgenstr.*, 24, 1916, p. 236.
(2) A. Einstein, *Verh. d. Phys. Ges.*, 20, 1918, p. 80.

suggéra l'explication de ce phénomène de Kœhler par la réflexion totale des rayons X.

Quelques années après, Wolfers [1] décrit de nouveaux phénomènes attribuables à une action du même genre.

Nous allons brièvement rendre compte ici de quelques expériences où les effets de la réflexion des rayons X jouent presque certainement un rôle prépondérant.

1° On radiographie un écran épais (en métal, fibre, charbon, ébonite, paraffine) dans lequel est pratiqué un trou cylindrique dans les conditions ordinaires, en le plaçant de façon que la direction anticathode-film soit normale à l'axe du trou cylindrique. Sur la radiographie on observe deux raies blanches. Elles délimitent l'ombre du trou de l'ombre des parois latérales. La largeur de ces raies est de l'ordre du dixième de millimètre. Leurs bords sont flous. Bien entendu on obtient les mêmes raies avec des tubes en verre, métal, etc. Il n'est pas nécessaire que la surface concave du trou soit bien polie pour obtenir ces raies. S'il existe des rugosités, la raie blanche suit leur contour.

Nous attribuons l'origine de ces raies à la réflexion des rayons X sur la surface concave.

Les expériences suivantes sont encore plus concluantes au point de vue de la réflexion des rayons X sur les surfaces concaves et convexes.

2° Un papier radiographique ou un film photographique est enroulé cylindriquement pour que la couche sensible forme la surface concave. En remplaçant l'écran déjà mentionné par un cylindre ainsi fait, on obtient sur le papier ou le film deux raies blanches très larges et dont la largeur est proportionnelle au rayon de courbure de la couche sensible. Leurs bords sont aussi flous comme ceux des raies précédentes.

3° Si la couche sensible constitue la surface convexe du tube formé par le papier radiographique, les raies blanches sont encore plus larges pour le même rayon de courbure, et leur aspect diffère de celles mentionnées ci-dessus.

4° Avec deux papiers radiographiques enroulés de façon que leurs couches sensibles forment deux surfaces, une de celles-ci étant concave et l'autre convexe, on obtient les résultats suivants : Sur le papier, dont la couche sensible forme la surface convexe, se trouvent des raies blanches

---

(1) F. Wolfers, *Ann. de Phys.*, 7, 1927, p. 232.

tout à fait semblables à celles obtenues par Wolfers (¹), en enroulant cylindriquement un film radiographique émulsionné de deux côtés. Sur le papier dont la couche sensible constitue la surface concave, les raies sont les mêmes que celles mentionnées au paragraphe 2°.

Dans les trois cas (2°, 3° et 4°), la variation de la largeur des raies blanches avec le rayon de courbure est très sensible et en bonne concordance avec les valeurs calculées en partant de l'hypothèse que celles-ci soient dues à la réflexion des rayons X sur la surface gauche.

Toutes ces expériences démontrent que les rayons X sont très fortement réfléchis même par des surfaces qui constitueraient un miroir très mauvais pour la lumière visible. En calculant d'après la largeur des raies l'angle sous lequel les rayons sont fortement réfléchis, on trouve que cet angle est au plus de deux degrés, ce qui est en accord avec les valeurs calculées par Jentzsch (²).

Une étude préliminaire du pouvoir réflecteur de telles surfaces a donné les résultats suivants : le pouvoir réflecteur est très grand dans le domaine de la réflexion totale. L'angle limite de réflexion totale peut varier pour une même matière, ce qui indiquerait que le pouvoir réflecteur même dans le domaine de la réflexion totale subit des variations. Celles-ci sont sans doute dues à l'influence de l'état de la surface (degré de rugosité, influence chimique).

Cette étude est faite au moyen d'un spectrographe de Seemann (*Schneide* ou *Lochkammeramethode*), le cristal ayant été remplacé par des plaques planes ou convexes en diverses matières.

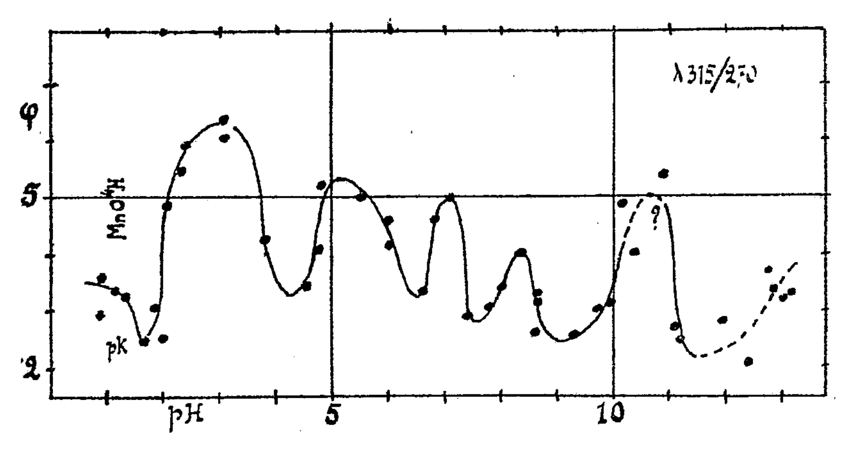
SPECTROSCOPIE. — *Remarques sur le spectre du permanganate.* Note (³) de MM. **F. Vlès** et **A. Simchen**, transmise par M. G. Urbain.

Depuis plus d'un demi-siècle, l'absorption du MnO^4K en solution aqueuse a fait l'objet de nombreuses recherches spectrales aussi bien dans le visible que dans l'ultraviolet ou même l'infrarouge; cependant, si l'on compare les valeurs données par les différents auteurs, il ne semble pas qu'elles présentent l'accord que devrait justifier la structure si nette de ce spectre à bandes étroites. Nous avons eu l'occasion de faire une révision des

(¹) *Loc. cit.*
(²) F. Jentzsch, *Physik. Zts.*, **30**, 1929, p. 268.
(³) Séance du 21 septembre 1931.

propriétés optiques du permanganate; pour le visible, nous avons employé la méthode du spectroscope à réversion de Hartridge [1]; pour l'ultraviolet, soit l'examen qualitatif sur le spectre continu d'un tube à hydrogène, soit le spectrophotomètre Vlès [2].

A partir d'une solution concentrée et titrée de permanganate (dans de l'eau bidistillée, de seconde distillation effectuée exclusivement dans le quartz, cette eau étant éventuellement bouillie en outre dans du quartz pour éliminer CO^2) on réalisait au moment de l'examen des dilutions, soit dans l'eau bidistillée, soit, compte devant être tenu du pH, dans des tampons (phosphate de soude $M/30 + PO^4H^3$ ou KOH dans de l'eau bidistillée).



Rapport $\varphi = \frac{\lambda 315}{\lambda 270}$ en fonction du pH pour MnO^4K.

Aspect général du spectre. — Le spectre visible comprend dix bandes. Les cinq bandes principales classiques du spectre visible (VII-XI) ont été mesurées au Hartridge, avec une précision de l'ordre de ± 3 Å. Au delà, vers la fin du visible on sait qu'il existe trois autres bandes déjà connues, que nous avons repérées simplement au micromètre (XII-XIV). Du côté du rouge, il y a en outre deux bandes très faibles (V-VI), dont l'une a déjà été vue par Hagenbach et Perzy (1922) [3].

Pour l'ultraviolet, on sait depuis longtemps qu'il existe une zone loca-

---

(1) Hartridge, *Proc. Roy. Soc.*, 86, 1912-1913, p. 128.

(2) Vlès, *Technique de spectrophotométrie ultraviolette* (*Arch. Phys. biol.*, 4, n° 3, 1925, p. 221).

(3) Hagenbach et Perzy, *Helvetica Chimica Acta*, 5, 1922, p. 455.

lisée d'absorption (Soret, Vlès), que Viterbi (1925) [1] a montré être décomposée en bandes étroites. Nous avons trouvé, en accord avec l'aspect général signalé par ce dernier auteur, et à quelques détails près, que le spectre ultraviolet se divise en trois régions de caractères différents : *a*) une bande extrême ultraviolette très large (XXV) dont un contrefort (XXIV) se différencie sur λ240; *b*) une large zone d'absorption qui est subdivisée en bandes étroites analogues à celles du visible et dans laquelle nous avons enregistré sept éléments (XVI-XXIII); *c*) en avant de ce système, un large contrefort, bande diffuse (XV) de sommet probable vers λ350. Deux zones de transparence spectrale se placent vers λ270 et λ420 environ.

En joignant à l'ensemble de ces bandes les quatre valeurs données par Taylor pour l'infrarouge, le spectre total du permanganate réalise ainsi 25 bandes :

Spectre du MnO^4K [conc. $\frac{6,5}{10000}$ M *en solution aqueuse tamponnée*; pour le visible (VII-XI) et l'ultraviolet, pH 8,7. Bandes étroites soulignées. Temp. : 23° environ].

I.	II.	III.	IV.
(12^{μ},7)	(12^{μ},0)	(11^{μ},25)	(5^{μ},8)

V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	XIII.	XIV.
mμ 63(5)	59(6)	570,0	546,1	524,0	504,0	483,(3)	47(2)	45(5)	43(5)

XV.	XVI.	XVII.	XVIII.	XIX.	XX.	XXI.	XXII.	XXIII.	XXIV.	XXV.
35(0)	34(2)?	333	326	318	310	304	297	290?	24(0)	230

Influence du pH. — Les données numériques sur le spectre du permanganate, positions des bandes et valeurs de l'absorption, ne sont pas indépendantes des conditions de la solution et en particulier du pH. Pour le visible, des mesures soignées faites sur les bandes VII, VIII, IX au Hartridge laissent apercevoir de légers décalages à la limite de précision des mesures (≦10 Å), mais qui semblent néanmoins indubitables dans certains cas. Pour le spectre ultraviolet, nous avons employé la méthode [2] des rapports d'absorption en fonction du pH. La recherche

(1) VITERBI, *Gazz. Chim. Italiana*, 55, 1925, p. 127-135.

(2) VLÈS, *Notes sur la mesure spectrophotométrique du* pH (*Arch. Phys. biol.*, 4, IV, 1926, p. 285. — VLÈS et GEX, *Absorption ultraviolette en fonction du* pH *de quelques acides organiques envisagés à la manière d'indicateurs ultraviolets* (*Arch. Phys. biol.*, 5, I, 1926, p. 62); *Sur les modifications spectrales des corps organiques dépendant du* pH *et sur la représentation mathématique des fonctions qui relient les rapports d'absorption au* pH (*Arch. Phys. biol.*, 6, 1927, p. 69).

a mis en évidence pour certains des rapports $\left(\frac{\lambda 315}{\lambda 270}\right)$ des variations sinueuses dont quelques-unes sont particulièrement importantes. Une branche de courbe vers pH 1,5 coïncide avec les mesures classiques de la dissociation de l'acide permanganique; vers les pH élevés, les autres sinuosités peuvent correspondre à une dizaine d'états successifs apparus aux dépens de l'ion permanganique initial. Certains rapports $\left(\text{entre les deux bandes diffuses } \frac{\lambda 350}{\lambda 245}\right)$ sont au contraire très faibles comme perturbations.

Mise en série des bandes. — On sait que la mise empirique en série des bandes du permanganate a déjà été tentée par de nombreux auteurs (Vlès, 1919; Hagenbach et Perzy, 1922; Adinolfi, Viterbi, Taylor, etc. (1). Avec la totalité des bandes actuelles, les valeurs de celles-ci ne se placent plus sur une droite unique; on est obligé d'envisager une série allant jusqu'au troisième degré, ou de subdiviser les bandes étroites en deux groupes indépendants, visible et ultraviolet, dont le $\frac{1}{\lambda_0}$ commun correspondrait à la bande infrarouge IV

$$\left(\text{à pH 8,7, ultraviolet : } \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_0} + 725\,n\text{; visible : } \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_0} + 805{,}5\,n - 0{,}767\,n^2\right).$$

Il est donc probable qu'il y a deux états de vibration simultanés pour la molécule; et que d'autre part le moment d'inertie de celle-ci doit changer avec le pH, puisque les constantes ne sont pas indépendantes de cette variable.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre du troisième ordre de l'oxygène : quintuplets et triplets de* O III. Note (2) de M. **J. Gilles**, présentée par M. A. Cotton.

En utilisant les mesures de Fowler, de Mihul, en tenant compte des spectres de N II et S III, on arrive à localiser un terme quintuple P vers

(1) Vlès, *Remarques sur la constitution sériale des spectres d'absorption* (*Comptes rendus*, 168, 1919, p. 1044). — Adinolfi, *Rendic. Accad. Lincei*, 29, II, 1920, p. 38, 41 et 87-91. — Taylor, *Faraday Society*, 1929, p. 860-863.

(2) Séance du 5 octobre 1931.

46000, un terme quintuple D vers 50000 et un terme triple vers 115000. Deux termes quintuples sont affectés à la trajectoire $3d$ dont seul le terme F est connu. On a établi également un ensemble d'autres termes quintuples qui appartiennent à la trajectoire $4d$. Mais comme beaucoup de raies manquent et que ces termes P, D ou F sont très voisins, il n'est pas toujours possible de définir la valeur du quantique l. Quant au terme triple P il peut appartenir à $4s$ mais on n'observe cependant aucune combinaison avec les termes $3p$. J'ai été amené à élever de 30000 les valeurs des termes quintuples de Mihul.

$3p\,{}^5D - 3d\,{}^5D.$

D_0 79335,7		1 29202,2			
D_1 79300,9	[ ]	3 29168,22	[ ]		
D_2 79232,3		29100,21	[ ]	[ ]	
D_3 79132,3			0 29009,6	1 29084,8	0 29183,88
D_4 79005,04				[ ]	29058,17
	D_0	50133 D_1	50122,7 D_2	50047,5 D_3	49947 D_4
P_1 46325,13		26192,6	seule raie relevée de $3p\,{}^5P - 3d\,{}^5D$		

$3p\,{}^5D - 3d\,{}^5P.$

D_0	[ ]					
D_1	1 32408		[ ]			
D_2	[ ]		2 32372			
D_3			[ ]		[ ]	
D_4					[ ]	
	46894 P_1	33,7	46860,6 P_2	150,6	46714 P_3	
P_1	29430,72		29464,5			$3p\,{}^5P - 3d\,{}^5P$
P_2	29372,4		29405,88		[ ]	
P_3			29302,18		29452,74	
S_2					0 22070,3	$3p\,{}^5S - 3d\,{}^5P$

$3p\,^5PD - 4d\,^5PDF$.

D_0								
D_1	[ ]				0 37409,3			3 37251,8
D_2	[ ]		[ ]		1 37340,8	[ ]		[ ]
D_3	0 37560,7		[ ]	3 37282		[ ]		2 37079,5
D_4			0 37386,4			0 37001,6		
	41571 D_2	−49	41620 D_3	41850	41891	42003,4 P_3	47	42050 P_2
P_1	[ ]							4 34278
P_2	2*d* 34696,6		3*d* 34647,6			0 34265,3		6 34218,5
P_3	0 34597,2		3*d* 34547,7	2 34319		2 34162,6		
S_2						0 26779		

$4s\,^3P - 4p\,^3P$ supposé.

P_0 74266,3			[ ]			
P_1 74177,7	1 42528		1 42839		[ ]	mesures à revoir
P_2 74068,9	1 42631,4		0 42942			
	116703,5 P_2	310	117012 P_1	46	117058 P_0	
D_1 78106,8			[ ]		∞ 38951,5	
D_2 78000	3 38703,5		1 39018			
D_3 77793,3	2 38911,3					

$4s\,^3P - 4p\,^3D$ supposé

CHIMIE PHYSIQUE. — *Protection, par polarisation cathodique, du fer plongé dans les solutions salines aérées.* Note de MM. **E. Herzog** et **G. Chaudron**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Nous avions signalé (1) que l'on pouvait protéger les duralumins et le fer contre l'action des solutions salines aérées en ajoutant à la liqueur d'attaque une petite quantité de certains sels. Nous précisons ici le mécanisme de ce phénomène dans le cas du fer.

Nous avons utilisé pour nos expériences une pile Evans à différence de concentration en oxygène avec électrodes en fer qui réalise la chaîne suivante :

Fer aéré (NaOH) — Fer non aéré ($FeCl^2$ ou $FeSO^4$).

Les caractéristiques de cet appareil ont été déjà indiquées précédemment (2). Un milliampèremètre enregistreur, dont la résistance intérieure est de 3,654 ohms, permettait de suivre les variations du débit de l'élément en fonction du temps. On pouvait, de plus, grâce à un siphon soudé au milieu du tube principal (voir la figure de la Note précédente), comparer à chaque instant, au moyen de l'électromètre Curie, le potentiel de chaque électrode à celui d'une électrode normale au calomel. Comme électrolyte on employait une solution N/2 de NaCl. Si l'on ajoute dans le compartiment cathodique des sels de zinc, plomb, nickel, cobalt, manganèse, chrome, magnésium, on observe, au bout de peu de temps, la formation d'un enduit sur la cathode et le débit de l'élément baisse rapidement, pour se fixer à une valeur faible tant que l'enduit est adhérent. Sur le Tableau I, nous indiquons les valeurs de ces débits minima pour les différentes additions. Si l'on mesure le potentiel des cathodes ainsi polarisées, on constate que celles-ci, en général, deviennent plus électronégatives et qu'elles prennent un potentiel voisin de celui de l'anode active, c'est-à-dire environ — 0,70 volt. Dans le cas du plomb, le potentiel reste sensiblement invariable, c'est au contraire celui de l'anode qui devient moins électronégatif lorsqu'elle est enduite d'oxyde de plomb.

---

(1) E. Herzog et G. Chaudron, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1189.
(2) E. Herzog et G. Chaudron, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 837.

TABLEAU I.

Débit de la pile Evans après polarisation par différents dépôts sur les électrodes.
(Électrolyte NaCl $n/2$; débit de la pile en régime normal 0,35 à 0,40 m. a.)

Nom de l'oxyde déposé.	Pellicule cathodique seule.	Pellicule anodique seule.	Combinaison des deux effets.
	m. a.	m. a.	m. a.
ZnO	0,05	0,02	0,01
PbO	0,04	0,02	0,01
Ni^2O^3	0,06	0,04	0,03-0,02
MnO^2	0,06	-	-
MgO	0,12	-	-
Cr^2O^3	0,20	0,08	0,06

Quelques-uns des sels précédents peuvent en effet produire des enduits adhérents sur l'anode; sur le Tableau I, nous indiquons l'effet de cette pellicule anodique sur le débit. On peut remarquer que, lorsque les deux électrodes sont enduites, on diminue encore le débit de l'élément (colonne 3 du Tableau I).

Si l'on examine le Tableau II, on observe que, sauf dans le cas du plomb, les potentiels des anodes recouvertes sont sensiblement inchangés; les seules différences constatées proviennent seulement d'une faible variation du pH de la liqueur qui remplit le compartiment anodique par suite de l'addition de sel protecteur. La pellicule anodique ne modifie donc pas le potentiel de l'élément, mais en augmente la résistance. On observe, du reste, le même phénomène avec les enduits aux phosphates (Tableau II).

TABLEAU II.

Variations des potentiels des électrodes de la pile Evans après recouvrement par différents oxydes.
(Mesures faites par rapport à une électrode normale au calomel, température 18°-20° C.)

Solution d'attaque et sels protecteurs.	Débit de la pile active.	Débit de la pile enduite.	Potentiel pile active.	Potentiel pile enduite.	Potentiel cathode active.	Potentiel cathode enduite.	Potentiel anode active.	Potentiel anode enduite.
	m. a.	m. a.	v	v	v	v	v	v
NaCl $n/2$ + $ZnSO^4$ 0,6 %	0,40	0,02	0,32	0,02	0,46	0,68	0,74	0,70
» + $NiSO^4$ 0,6 %	0,45	0,05	0,26	0,02	0,48	0,68	0,74	0,70
» + $MnSO^4$ 0,6 %	0,48	0,08	0,25	0,12	0,45	0,66	0,70	0,78
» + $CrCl^3$ 0,6 %	0,40	0,08	0,24	0,02	0,54	0,70	0,78	0,72
$NaNO^3$ $n/2$ + $Pb(NO^3)^2$ 0,6 %	0,40	0,05	0,24	0,03	0,46	0,43	0,70	0,46
NaCl $n/2$ + Na^2HPO^4 0,6 % Ph = 5	0,40	0,02	0,32	0,02	0,46	0,74	0,78	0,76

Nous voyons donc que de nombreux dépôts peuvent gêner ou empêcher la formation de la pile Evans. Le fer est ainsi protégé tout en gardant son potentiel actif, il n'en est pas de même dans le cas où l'on utilise les enduits d'oxyde de plomb ou les fers à forte teneur en chrome. Il est important de constater que l'on peut former ces dépôts polarisants par simple aération des surfaces métalliques plongées dans les solutions salines. Ces expériences peuvent aussi expliquer que certaines additions métalliques sont susceptibles de protéger un métal au cours de sa corrosion.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'oxydation de l'huile de paraffine.*
Note de M. **Georges Arditti**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

J'ai étudié (¹) l'oxydation de l'huile de paraffine par l'oxygène de l'air à différentes températures. J'ai poursuivi ces recherches à la température de 130° en étudiant l'action de différents catalyseurs et par barbotage d'oxygène pur. Cette action a été suivie par la mesure du taux d'acides gras. J'ai continué l'emploi de deux méthodes de mesure [méthode capillaire de M. René Dubrisay (²) et méthode acidimétrique]. La marche du phénomène étant vraisemblablement influencée par la vitesse du courant d'oxygène, j'ai procédé, pour comparer l'effet des différents catalyseurs, à deux séries d'expériences, chacune d'entre elles comprenant un flacon témoin, c'est-à-dire un flacon renfermant de l'huile pure sans catalyseur.

Première série d'expériences. — Les catalyseurs furent le cuivre, le fer. l'aluminium et le soufre. Les Tableaux I et II donnent les résultats obtenus respectivement par la méthode capillaire et la méthode acidimétrique. Pour cette dernière les résultats sont exprimés en centimètres cubes de potasse alcoolique décinormale nécessaire pour saponifier des prises d'essai de 10$^{cm^3}$.

TABLEAU I.

Nombre de centimètres cubes correspondant à 10 *gouttes de soude* N/200.

Durée du barbotage (en heures).	Témoin.	Cuivre.	Fer.	Aluminium.	Soufre.
0	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
0,5	2,2	1,8	2,2	2,25	2,3
1,5	2,2	0,15	2,2	2,25	2,25
4,5	2,0	–	2,0	2,10	2,20
6,5	1,7	–	1,8	1,85	2,10
7,5	0,8	–	0,4	1,70	2,10
8	0,1	–	–	–	–
9,5	–	–	–	0,10	2,10

(¹) Georges Arditti, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 944.
(²) René Dubrisay, *Annales de Chimie*, 9, 1918, p. 25.

TABLEAU II.

Acidité totale (après saponification).

Durée du barbotage (en heures).	Témoin.	Cuivre.	Fer.	Aluminium.	Soufre.
8,5	9,6	51,8	-	-	4,00
11	44,2	80,2	48,4	27,0	6,6
15,5	60,2	112,8	79,0	43,8	-
20	63,2	128,8	103,2	60,8	11,2

On voit que le cuivre favorise la réaction tandis que le soufre la retarde.

Deuxième série d'expériences. — Les catalyseurs employés furent le plomb, le nickel, le zinc et le platine. Les résultats sont consignés dans les Tableaux III et IV. Pour la méthode acidimétrique les résultats sont exprimés en centimètres cubes de potasse alcoolique décinormale nécessaire pour saponifier des prises d'essai de 10^{cm^3}.

TABLEAU III.

Nombre de centimètres cubes correspondant à 10 *gouttes de soude* N/200.

Durée du barbotage (en heures).	Témoin.	Plomb.	Nickel.	Zinc.	Platine.
0	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
2	2,3	2,0	1,4	2,1	2,3
3,5	2,2	2,0	-	2,1	2,2
5,0	1,85	1,4	-	-	1,6
5,5	-	-	-	-	0,4
6	-	1,3	-	-	-
7,5	1,5	0,3	-	-	-
8	0,8	-	-	-	-
8,5	0,1	-	-	-	-

TABLEAU IV.

Acidité totale (après saponification).

Durée du barbotage (en heures).	Témoin.	Plomb.	Nickel.	Zinc.	Platine.
8,5	-	-	62,8	53,0	-
11	25,8	41,0	87,4	67,5	55,6
14	94,7	68,1	153,6	98,5	95,4
19	121,5	101,9	196,0	100,0	149,0
20	135,3	111,7	200,0	104,8	164,0

On voit que le nickel favorise nettement la réaction. Le zinc et le plomb offrent la particularité d'une action rapidement limitée.

Dans les produits volatils qui se forment au cours de la réaction, j'ai

reconnu la présence de peroxydes (caractérisés par leur action sur l'iodure de potassium et la formation d'eau oxygénée en présence d'eau) ainsi que la présence de gaz carbonique, de composés acides, d'aldéhydes (reconnus par le réactif de Schiff et le nitrate d'argent ammoniacal sodique) et de corps non saturés (décoloration presque instantanée de l'eau de brome).

Les mesures de viscosité de l'huile après 20 heures d'oxydation en présence des différents catalyseurs montrent pour cette grandeur un accroissement de même sens que celui qui correspond à la formation des acides.

Je poursuis ces recherches en essayant de nouveaux catalyseurs. J'entreprendrai ensuite l'étude des produits d'altération de l'huile de paraffine.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres d'absorption ultraviolets de l'acide chlorhydrique pur et du brome.* Note de Mme **N. Demassieux** et M. **Victor Henri**, présentée par M. G. Urbain.

L'acide chlorhydrique considéré comme pur, préparé soit à partir de NaCl pur cristallisé et SO^4H^2 pur, soit par synthèse du chlore électrolytique et de l'hydrogène pur, présente un spectre d'absorption ultraviolet qui est très variable suivant les échantillons et les modes de préparation utilisés. On observe une forte absorption de l'ultraviolet lointain qui augmente de plus en plus à partir de 2500 Å. Cette absorption a souvent été attribuée à l'acide chlorhydrique lui-même.

A mesure qu'on purifie l'acide chlorhydrique cette absorption diminue de plus en plus. En remplaçant NaCl par $BaCl^2$ très pur (recristallisé plusieurs fois) et en prenant les plus grandes précautions (appareil en verre avec rodage, etc.), on obtient une solution de HCl environ 10 fois normale qui, pour une épaisseur de 10^{cm}, ne présente plus d'absorption mesurable jusqu'à $\lambda = 2144$ Å. Les courbes microphotométriques du spectre de la source et de la solution $10n$ de HCl sont superposables. La méthode microphotométrique permet de constater très nettement une variation de l'intensité des raies de moins de 10 pour 100, par conséquent le coefficient d'extinction moléculaire ε (défini par la relation $I = I_0 . 10^{-\varepsilon C d}$) de HCl pur en solution aqueuse est inférieur à 0,001 pour tout l'ultraviolet jusqu'à $\lambda = 2144$ Å.

L'analyse chimique des acides ayant une forte absorption a révélé la présence de traces de brome. Pour la plupart des acides dits purs, cette cons-

tatation n'a pu être faite, les méthodes chimiques ne permettant que difficilement de déceler une quantité de brome inférieure à $0^g,001$ par litre. Nous trouvons que l'absorption ultraviolette de ces acides doit être attribuée à la présence de traces de brome inférieures à $0^g,001$ par litre.

Nous avons reproduit synthétiquement les spectres d'absorption des acides purs du commerce en dissolvant des quantités connues de brome dans l'acide chlorhydrique spectrographiquement pur.

On trouve qu'une quantité très faible de brome dissous dans HCl 10 fois normal provoque une absorption très forte de l'ultraviolet. Cette absorption est *plusieurs milliers* de fois plus intense que celle provoquée par le brome dissous dans l'eau ou par la vapeur de brome.

Nous donnons dans le tableau suivant les coefficients d'extinctions moléculaires du brome d'une part dans l'eau ou à l'état de vapeur ($d = 10^{cm}$, $p = 79^{cm},5$, Hg) et d'autre part dans HCl 10 *n*. additionné de $0^g,00055$ de Br par litre.

λ.	Br vapeur ou en solution aqueuse.	Br dissous dans HCl *n*/10.	λ.	Br vapeur ou en solution aqueuse.	Br disssus dans HCl *n*/10.
3541....	10,0	–	2430....	–	12772
3169....	3,1	–	2418....	6,3	13100
2685....	–	1965	2328....	10,0	17030
2631....	3,1	2620	2288....	11,4	19355
2571....	–	5109	2265....	–	26208
2460....	–	10218	2144....	–	34061

Ces résultats semblent indiquer qu'il se forme entre le brome et l'acide chlorhydrique un composé qui possède une absorption dans l'ultraviolet lointain beaucoup plus forte que celle du brome pur. Il y aura lieu de chercher à isoler et déterminer ce composé.

La méthode spectrographique permet de reconnaître la présence de quantités extrêmement faibles de brome dans l'acide chlorhydrique, la limite de sensibilité est inférieure à un dixième de milligramme par litre.

L'exaltation très forte de l'absorption du brome dans l'acide chlorhydrique concentré conduit à rechercher si les réactions de bromuration ne sont pas activées par addition d'acide chlorhydrique concentré, puisque d'une façon générale une exaltation de l'absorption des rayons ultraviolets va parallèlement avec une augmentation de l'activité chimique des molécules [1].

---

(1) Victor Henri, *Labilité chimique et absorption des rayons ultraviolets* (*Comptes rendus*, 156, 1913, p. 1979).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Recherches expérimentales sur l'adhérence aux métaux des couches lubrifiantes.* Note de MM. **Augustin Boutaric** et **Raymond Amiot**, présentée par M. C. Matignon.

1. Il a été fait de nombreuses recherches sur l'adhérence que présentent vis-à-vis des métaux les couches monomoléculaires d'huiles d'origine minérale ou végétale utilisées comme lubrifiants. Mais, quand on songe combien il est difficile de débarrasser une surface de verre de toute trace de corps gras et de la rendre mouillable à l'eau [1], en est amené à penser qu'il doit toujours exister à la surface des organes frottants de toute machine une couche au moins monomoléculaire de lubrifiant et qu'une telle couche ne joue peut-être pas dans la lubrification le rôle qu'on lui attribue souvent. Ainsi nous a-t-il paru intéressant d'étudier plutôt l'adhérence que présentent pour des surfaces métalliques des couches d'huile relativement importantes et d'examiner comment cette adhérence varie avec l'épaisseur de la couche, avec sa nature et avec la nature du support métallique.

2. Nos premières recherches ont porté sur la vitesse avec laquelle s'écoule, sous la seule action de la pesanteur, l'huile restée adhérente à une plaque de métal préalablement plongée dans l'huile à étudier. La plaque, terminée en pointe pour faciliter l'écoulement, était fixée à l'extrémité du ressort d'une balance de Jolly. Au moyen d'un support à crémaillère on soulevait la cuve contenant l'huile jusqu'à ce que la plaque fût entièrement immergée, après quoi on l'abaissait graduellement de manière à laisser émerger la plaque. Le ressort permettait de suivre en fonction du temps la diminution du poids de la plaque produite par l'écoulement de l'huile. L'ensemble était disposé dans un thermostat dont la température était maintenue constante (26°) à $\frac{1}{10}$ de degré près.

Les courbes représentant en fonction du temps la variation du poids d'huile p porté par la plaque ont toutes une même allure hyperbolique et se placent dans l'ordre des viscosités décroissantes : ce poids diminue progressivement et finit par atteindre une valeur limite qui représente le poids Π d'huile définitivement adhérente au métal.

Pour les huiles minérales utilisées, ce poids Π croît assez régulièrement avec la viscosité; à viscosité égale, il est légèrement plus grand pour les

(1) H. Devaux, *Journal de Physique et le Radium*, 4, 1923, p. 293.

huiles végétales que pour les huiles minérales. Ces résultats sont à rapprocher de ceux obtenus par Woog sur l'étalement des huiles, les huiles minérales s'étalant beaucoup mieux que les huiles végétales [1].

3. Pour accroître considérablement l'intensité de la force qui provoque l'écoulement de l'huile, nous avons eu recours à la force centrifuge. Chaque plaque en forme de losange effilé vers deux de ses sommets était repliée sur sa petite diagonale de manière à constituer une double lame triangulaire et fixée, après avoir été plongée dans l'huile, à l'intérieur de l'un des godets d'une centrifugeuse tournant à environ 5000 t : m. Dans toutes les expériences l'une des plaques avait été plongée dans la même huile de ricin et constituait un témoin qui permettait de s'assurer que les mesures faites étaient bien comparables.

Les expériences ont porté sur des plaques de cuivre, de fer, d'aluminium et d'un acier inoxydable fourni par les établissements Schneider, du Creusot. Elles nous ont conduits aux remarques suivantes :

a. Le poids p d'huile présent sur la plaque après une durée t d'écoulement est lié au poids initial p_0 et au poids limite Π atteint après une grande durée de centrifugation par une relation de la forme

$$\frac{1}{p - \Pi} = \frac{1}{p_0 - \Pi} + mt.$$

b. Pour des huiles peu acides comme le sont celles habituellement utilisées dans la lubrification, le poids initial p_0 de l'huile sur la plaque, le poids limite Π de cette huile après une grande durée de centrifugation et le coefficient m de la formule précédente sont sensiblement indépendants de la nature du support et dépendent à peu près uniquement de la viscosité. Ces quantités ne semblent pas liées d'une manière appréciable à la nature même de l'huile, et, pour des huiles de viscosité comparable, prennent sensiblement les mêmes valeurs, qu'il s'agisse d'huiles dites actives ou d'huiles inactives.

c. L'acidité de l'huile entraîne, pour certains métaux, une augmentation nette du poids limite Π de l'huile qui reste définitivement fixée au support; cette augmentation, qui n'apparaît que pour certains métaux tels que le fer et le cuivre, particulièrement sensibles à l'action des acides, et non pour l'aluminium ou l'acier inoxydable, peu sensibles à cette action, semble devoir s'expliquer par une attaque chimique du support.

(1) Woog, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 772.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude de quelques sulfures de terres rares.* Note [1] de MM. **Picon** et **Cogné**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'action de l'acide sulfhydrique sur les oxydes ou les sulfates de terres rares n'avait pas encore permis d'isoler les sulfures purs de ces métaux mais seulement des produits souillés par une petite quantité d'oxygène; mais récemment, l'un de nous a montré que cependant le sulfure pur de cérium s'obtient par traitement de l'oxyde par l'hydrogène sulfuré à condition d'opérer dans une nacelle de graphite et de porter la température au-dessus de 1500° en utilisant un four à résistance de graphite étanche aux gaz.

Nous avons pu, au moyen de cette dernière méthode, préparer les sulfures d'yttrium, de lanthane, de néodyme et de samarium. La température doit être voisine de 1550°, et même de 1600° dans le cas de l'yttrium.

Les composés obtenus sont purs, exempts d'oxygène ainsi que les résultats analytiques le démontrent nettement [Yt : 65,53 et 65,43 (th : 64,9); S : 34,94 et 34,84 (th : 35,09); La : 74,56 et 74,78 (th : 74,28); S : 25,90 et 25,28 (th : 25,7); Nd : 74,96 et 75,25 (th : 75,00); S : 24,85 et 24,98 (th : 25,00); Sm : 75,61 et 75,44 (th : 75,77); S : 24,29 et 24,60 (th : 24,23)].

Comme le sulfure de cérium, ces corps sont des solides fortement colorés, non cristallisés, en général fondus; au microscope, ils ont l'aspect de corps vitreux présentant des parties transparentes diversement colorées et de teintes différentes de celles des produits vus superficiellement. Avec le lanthane et le samarium, les composés sont fondus, d'aspect noir brillant, mais formés en réalité par une masse vitreuse d'un blanc jaunâtre très pâle pour le premier métal et d'un jaune rosé pour le second. Le sel de néodyme est jaune verdâtre; celui d'yttrium est jaune citrin mais presque incolore par transparence.

Les densités prises dans le tétrachlorure de carbone augmentent progressivement avec le poids moléculaire :

	Yt.	La.	Ce.	Nd.	Sm.
d_0^0	3,910	4,997	5,184	5,387	5,729
P. M.	274	374	376,45	384,7	397

Nous avons examiné l'action de la chaleur sur ces divers corps soit dans

[1] Séance du 5 octobre 1931.

le vide jusqu'à 2200° avec le four à résistance, de graphite décrit par l'un de nous en collaboration avec M. Lebeau, soit dans l'hydrogène ou l'azote jusqu'à 2800° dans l'appareil nous ayant servi à préparer les mêmes sulfures.

Dans le vide, la fusion s'observe aux températures suivantes : Sm 1900°, Yt 1900° à 1950°, La 2100° à 2150°, Ce 2000 à 2200°, Nd 2200°.

Pour la volatilisation, on obtient : Sm 1800°, Yt 1900°, La 1900°, Ce 2100°, Nd 2100°.

A 2000°, le sel de samarium se désulfure lentement et perd 20 pour 100 de son poids en 1 heure; celui d'yttrium ne perd que 6 pour 100 et ne se désulfure pas.

La volatilisation du dérivé du lanthane est sensiblement égale : 6 p. 100 à 2000° et 20 p. 100 en une heure à 2100° avec une très légère désulfuration. Les composés de cérium et néodyme sont nettement plus réfractaires encore; la désulfuration ne s'observe que lentement au-dessus de 2200° et ne s'accompagne que d'une faible volatilisation, voisine de 4 pour 100 après une heure.

Dans l'hydrogène, après 30 minutes à 2700°, les pertes de poids sont les suivantes :

Sm : 82 p. 100 (résidu carburé ne contenant plus que 3 p. 100 de S); Yt : 35 p. 100 (résidu carburé avec 3 p. 100 de S); La : 30 p. 100 (résidu peu carburé avec 16 p. 100 de S); Ce : 28 p. 100 (résidu pas sensiblement carburé avec 12 p. 100 de S); Nd : 30 p. 100 (résidu à peine carburé avec 12 p. 100 de S).

Dans l'azote, après 30 minutes à 2800° on obtient :

Sm : perte de 99 p. 100; Yt : 55 p. 100 (résidu fortement carburé et 2 p. 100 de S); La : 50 p. 100 (résidu faiblement carburé et 3 p. 100 de S); Ce : 42 p. 100 (résidu faiblement carburé et 3 p. 100 de S); Nd : 45 p. 100 (résidu carburé avec 2 p. 100 de S).

En conclusion, les sulfures des terres rares s'obtiennent purs, exempts d'oxygène, dans le traitement des oxydes par l'acide sulfhydrique à une température de 1500° à 1600°. Ces composés sont diversement colorés mais amorphes. Ils ont l'aspect vitreux avec des parties transparentes assez claires et diversement teintées. Leur densité varie de 3,91 à 5,729 et progresse avec le poids moléculaire. Les points de fusion s'échelonnent entre 1900° et 2200°; la volatisation dans un vide voisin du millième de millimètre de mercure s'effectue entre 1800° et 2100° et les températures de début d'attaque par le carbone sont comprises entre 2000° et 2250°.

L'hydrogène, l'azote et l'oxyde de carbone sont d'abord sans action à haute température. Toutefois, vers 2700°, dans ces gaz et en présence de carbone, la volatilisation et la désulfuration deviennent notables en s'accompagnant d'une carburation. Ces phénomènes ne se réalisent cependant encore que partiellement, spécialement avec les dérivés du lanthane, du cérium et du néodyne.

Après 30 minutes à 2800° ils s'accentuent fortement, en particulier pour la désulfuration.

Sauf en ce qui concerne le sulfure de samarium, qui est le corps le moins réfractaire de cette série, la stabilité de ces composés augmente avec le poids moléculaire, en suivant donc l'ordre : yttrium, lanthane, puis cérium et néodyne, ces deux derniers présentant des propriétés sensiblement équivalentes.

CHIMIE MINÉRALE. — *Carbonates de chromiammines.* Note de M. **J. Bancelin**, présentée par M. G. Urbain.

Par réaction du chlorure chromeux anhydre sur une solution ammoniacale de carbonate d'ammoniaque, il se forme un précipité jaune insoluble. L'analyse conduit à assigner à ce précipité la formule

$$(CO^3)^3[Cr(NH^3)^2(H^2O)^4]^2.$$

Ce composé est stable en présence de la solution dans laquelle il a pris naissance ou en présence d'une solution d'ammoniac, mais à l'air libre, il devient violet gris en quelques heures. La filtration, le lavage et le séchage ont été faits dans une atmosphère d'hydrogène. Il peut se conserver en tube scellé.

Traité par l'acide chlorhydrique dilué à froid, il dégage la totalité de son acide carbonique; on obtient une solution verte, qui, évaporée à froid, laisse déposer un corps solide vert, auquel l'analyse permet d'attribuer la formule

$$Cl^3[Cr(NH^3)^2(H^2O)^4].$$

La différence de coloration entre le carbonate et le chlorure semble cependant indiquer une différence de constitution chimique.

Bien que le carbonate précédent, en présence d'air, devienne violet en quelques heures, son évolution, très rapide au début, se poursuit pendant très longtemps. Je l'ai suivie par pesées sucessives; au bout d'un mois, la perte de poids était de 22 pour 100 et elle augmentait encore très

lentement. J'ai étudié ce corps gris violet vieux de trois mois. Il est insoluble dans l'eau et l'analyse permet de lui attribuer la formule

$$[(CO^3)^2Cr^3(NH^3)^2(H^2O)^2(OH)^3](OH)^2.$$

Traité par une quantité connue d'acide chlorhydrique normal à froid, il ne laisse dégager aucun gaz, ce qui indique que l'ion carbonique se trouve engagé dans l'ion complexe. Le titrage en retour de l'excès d'acide fait après quelques minutes d'agitation montre que deux molécules d'acide ont réagi sur une molécule du composé de chrome.

Si l'on chauffe pendant quelques instants ce composé avec de l'acide chlorhydrique titré, il se dissout et tout l'acide carbonique se dégage. Le titrage en retour de l'acide montre que six molécules d'acide ont réagi sur une molécule du composé de chrome.

Enfin, si après chauffage, on laisse la solution 24 heures en repos, le titrage de l'acide indique que 9^{mol} d'acide ont réagi.

La formule proposée rend convenablement compte de ces faits.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés pentényliques.* Note de M. **Raymond Paul**, présentée par M. C. Matignon.

Au cours de recherches sur le pentanetriol 1.2.5, j'ai été amené à préparer une série de dérivés pentényliques; car à ma connaissance les seuls représentants connus de cette famille étaient le phénoxypentène 1.5, obtenu par Von Braun, et le penténol 1.5. Von Braun et Kohler (1) avaient bien essayé de préparer les halogénures de pentényle par distillation des hydrates d'ammonium quaternaires $(CH^3)^3.OH.N.(CH^2)^5X$, méthode qui avait été utilisée avec succès pour le phénoxypentène, mais il ne semble pas qu'ils soient arrivés à des produits purs, car, à l'exception des points d'ébullition, d'ailleurs nettement trop faibles, le Mémoire des deux savants allemands ne donne aucune constante pour ces deux corps. Je crois donc utile de décrire rapidement les composés que j'ai obtenus.

Chloropenthène 1.5. — Obtenu suivant la technique de M. Darzens, par action du $SOCl^2$ sur un mélange équimoléculaire de penténol 1.5 et de diméthylaniline, il se présente sous forme d'un liquide mobile, à odeur de pétrole, bouillant à 105° ($H = 745^{mm}$): sa densité, $D_{15}^{19} = 0,916$, et son

(1) Von Braun et Kohler, *Ber. der Chem.*, 51, 1918, p. 89.

indice de réfraction, $n_D^{19} = 1,43055$, lui assignent une réfraction moléculaire égale à 29,50 contre 29,67 calculé.

Bromopentène 1.5. — Liquide d'odeur rappelant celle du chlorure, mais plus agréable; il bout à 126-127°(H = 765) et a été préparé en faisant réagir sur le penténol additionné d'un peu de pyridine la quantité théorique de PBr^3. $D_{17}^{15} = 1,272$ et $n_D^{17} = 1,46539$, d'où R. M. trouvée = 32,40; calculée 32,59. Dosage du brome : trouvé 54,01 et 54,17 pour 100 au lieu de 53,69. Le produit décrit par les savants allemands bouillait à 110° et ne titrait que 51,2 pour 100 de brome.

Acétate de pentényle. — Facilement obtenu par action de l'anhydride acétique sur le penténol; liquide presque inodore, bouillant à 150-151°; $D_{15}^{19} = 0,907$ et $n_D^{19} = 1,41765$, ce qui conduit à une réfraction moléculaire de 35,54 au lieu de 35,71 valeur théorique.

Il fixe facilement une molécule de brome pour donner l'acétodibromhydrine du pentanétriol $CH^3CO^2CH^2-(CH^2)^2CHBr-CH^2Br$ bouillant à 156-157° sous 23^{mm}. $D_{15}^{18,5} = 1,636$ et $n_D^{18,5} = 1,50393$, d'où R. M. trouvée = 52,16 contre 51,71 calculée.

Bromopenténol $CH^2 = CBr(CH^2)^3OH$. — On l'obtient à côté de son isomère l'α-bromométhyltétrahydrofurfurane dans l'action de la potasse pulvérisée sur le dibromopentanol 1.2.5; doué d'une odeur herbeuse assez fine, il bout à 97° sous 15^{mm}; $D_{15}^{17} = 1,434$ et $n_D^{17} = 1,50026$; R. M. calculée, 34,11; trouvée, 33,86. Dosage du brome 48,90 et 48,63 pour 100 trouvé, au lieu de 48,48 pour 100 calculé.

Dibromopentène $CH^2 = CBr(CH^2)^3Br$. — Ce liquide, bouillant à 83-86° sous 15^{mm}, s'obtient en faisant réagir le corps précédent sur le tribromure de phosphore en présence de pyridine anhydre; son point d'ébullition montre bien que l'atome de brome du bromopenténol est fixé sur un carbone secondaire. $D_{15}^{16,5} = 1,742$ et $n_D^{16,5} = 1,52570$. R. M. calculée, 40,35; trouvée, 40,13.

Acétine du bromopenténol $CH^3CO^2.(CH^2)^3.CBr = CH^2$. — Cet éther, bouillant à 102-105° sous 18^{mm}, est produit en quantité notable dans l'action de l'acétate de potassium sur le tribromopentane 1.2.5. Moins facilement que l'acétine du penténol il réagit sur le brome pour donner l'acétate du tribromopentanol $CH^3CO^2.(CH^2)^3.CBr^2-CH^2Br$, bouillant à 180° sous 17^{mm}; D = 1,927 et n = 1,53823; R. M. calculée = 59,47, trouvée 59,58.

En comparant les constantes des dérivés allyliques 1.3, butényliques 1.4 et pentényliques 1,5 avec celles des dérivés saturés correspondants, on voit immédiatement que l'influence de la double liaison sur les propriétés phy-

siques des corps $CH^2 = CH - (CH^2)^p . CH^2X$ va en s'affaiblissant quand p augmente.

Par exemple, la différence des densités à 150° entre alcools saturé et non saturé est, pour les alcools en :

	C^3.	C^4.	C^5.
	0,0567	0,0308	0,0285
et pour les indices,	0,0284	0,0205	0,0177

En accord avec cette remarque, et comme l'avait pressenti Von Braun, le chlorure et le bromure de pentényle réagissent normalement sur le magnésium, se rapprochant par là davantage des dérivés amyliques que des composés allyliques.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Observations magnétiques et électriques au Sahara*. Note de MM. **C. Le Camus** et **F. de Saint-Just**, présentée par M. Ch. Maurain.

Nous avons pu effectuer quelques observations magnétiques au cours d'un voyage au Sahara, de décembre 1930 à janvier 1931; elles consistent en l'observation des trois éléments du champ magnétique terrestre : déclinaison, inclinaison, composante horizontale, en trois points différents : Gao, Tanesrouft et Camp Louis Marin (Hoggar), les deux derniers situés dans une région où de telles mesures n'avaient jamais été faites jusqu'ici.

Les appareils qui ont servi pendant cette campagne sont le théodolite-boussole Chasselon n° 5 (petit modèle) et la boussole d'inclinaison Chasselon n° 68 (petit modèle) mis à notre disposition par l'Institut de Physique du Globe de l'Université de Paris, et comparés au magnétomètre du Val-Joyeux.

Les déterminations magnétiques sont très difficiles dans les conditions où nous avons opéré et il ne faut donc pas s'attendre à obtenir les valeurs des éléments avec la même approximation que dans les régions tempérées. Sous cette réserve nous donnons les résultats de nos mesures dans le tableau ci-après :

Stations.	Lat.	Long. Gr.	Déclinaison.	Inclinaison.	Composante horizontale.
Tanesrouft (5-12-30).	23°30′	0°55′ E	10°27′ W (11h,6 T.M.G.)	31°55′ (15h,7)	
Gao (15-12-30)......	16°15′	0° 7′ W	10°44′ (16h,8)		
Camp Louis-Marin (Hoggar) (6-1-31)..	25° 5′	5°20′ E	7°50′ (10h,8)		0,3071 (15h,5)
id. (9-1-31)........			7°49′ (8h,3)		0,3073 (16h,2)

Nous appelons l'attention sur la troisième série de mesures (Hoggar). Les deux mesures de D et celles de H faites au même point sont bien concordantes et leurs résultats paraissent normaux. Cependant le sol est constitué par un sable contenant en grande abondance des particules attirables à l'aimant; il est probable que leur répartition est assez uniforme pour ne pas influencer sensiblement la position de l'aiguille de déclinaison, mais qu'elles modifient la composante verticale du champ. Les deux déterminations de I au même point ont donné des résultats inadmissibles et ont dû être rejetées.

Ces observations confirment l'existence d'une perturbation magnétique entre les 20e et 25e parallèles autour du méridien de 3° Est Gr.

Observations électriques. — Des mesures du champ électrique de l'atmosphère ont été exécutées aux mêmes stations. Le mode expérimental a été celui préconisé par Moulin (*Le Radium*, 1907); prise de potentiel placé à l'extrémité d'une perche de 2^m de long, distante du sol de 1^m. Nous nous sommes servis d'une prise de potentiel à l'ionium, et nous avons exécuté les mesures avec un électromètre bifilaire Spindler et Hoyer, qui de même que la prise de potentiel nous avait été confié par l'Institut de Physique du Globe.

De multiples occupations absorbant notre activité, c'est seulement à divers moments de la journée que nous avons pu observer. Au camp Louis-Marin nous avons déterminé les valeurs horaires pour 5 à 6 heures de la journée, matin et après-midi, en effectuant neuf mesures encadrant l'heure. A Gao, nous avons observé de 5 en 5 minutes de 16^h à 19^h, au Tanesrouft autour de 16^h et de 17^h.

La faiblesse du champ est caractéristique, la valeur la plus élevée a été de 185 volts par mètre, mais parfois des coups de vent soulevaient des tourbillons de sable qui portaient le potentiel à des valeurs très élevées.

Par contre il est arrivé que le champ était trop faible pour que les lectures de l'électromètre pussent être relevées avec certitude.

Nous donnons seulement les valeurs entre lesquelles ont oscillé les valeurs horaires dans les séries séparées.

Tanesrouft, 1re série, de 26 à 31 volts par mètre (6 décembre 1930);

Gao, 1re série, de 18 à 32 volts par mètre (13 décembre 1930);

Camp Louis-Marin, 1re série, de 16 à 46 volts par mètre (4 janvier 1931); 2e série, de 19 à 31 volts par mètre (5 janvier 1931); 3e série, de 24 à 41 volts par mètre (6 décembre 1931).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Remarques au sujet du mécanisme physico-chimique de la condensation amylogène.* Note de M. **A. Maige**, présentée par M. Marin Molliard.

J'ai signalé dans des travaux antérieurs l'existence de grains d'amidon à condensation lente progressive se traduisant par des réactions de différents coloris vis-à-vis de l'iode (jaune, violet pâle, rouge, rouge avec tache brune ou violette au centre). Une pareille évolution ne peut se comprendre que si la substance sucrée en voie de condensation est intimement mélangée à la substance condensatrice : elle implique donc l'existence de cette dernière, c'est-à-dire d'un catalyseur amylogène qui diffuse en même temps que le sucre dans la vacuole plastidale. Si l'on remarque d'autre part que le grain d'amidon grossit d'autant plus vite que le taux de sucre de la cellule est plus élevé, on peut en conclure que la vitesse avec laquelle ce corps traverse l'écorce plastidale est d'autant plus rapide que la concentration du sucre dans la cellule est plus grande. Dès lors la condensation lente s'explique très facilement par une sorte de rupture d'équilibre, de disproportion qui se produit, en présence d'un excès de sucre, entre les quantités de sucre et de catalyseur qui diffusent en même temps dans la vacuole amylogène, la diffusion du catalyseur augmentant avec le taux du sucre mais beaucoup moins rapidement que celle de ce dernier.

Dans les cas de condensation immédiatement complète tels que ceux que présentent les plastes amylifères des tubercules de Pomme de terre, des cotylédons de Légumineuses en croissance dans le fruit, etc., les nouvelles couches d'amidon se forment constamment à la périphérie des anciennes et la condensation s'effectue sur le pourtour du grain déjà existant; la pénétration est faible et le grain d'amidon s'accroît avec lenteur. Dans les cas de condensation lente, la pénétration est, au contraire, en général rapide et la condensation se fait en même temps dans toute la masse du grain, en devenant complète tout d'abord au centre, ce qui tient sans doute à ce fait qu'elle a commencé en premier lieu dans cette région.

Ainsi formation dans le stroma du plaste d'une vacuole (réaction uniloculaire) ou de vacuoles plus ou moins nombreuses (réaction pluriloculaire) où diffusent les sucres et le catalyseur amylogène et où s'effectue la condensation, tel est le processus physico-chimique de formation de l'amidon qui ressort de l'étude des faits établis et en particulier de l'étude de la condensation lente.

Dans ces conditions la signification du seuil de condensation se dégage facilement; il représente le taux de sucre dont la réalisation dans la cellule déclenche dans la substance plastidale cette perméabilité spéciale qui permet aux molécules de sucre, soit de traverser rapidement la paroi plastidale lorsque celle-ci entoure un grain d'amidon déjà existant, c'est-à-dire entoure une vacuole déjà amylifère, soit de pénétrer activement et de déterminer, en s'accumulant localement dans les plastes non amylifères, la production d'une vacuole ou de vacuoles sucrées amylogènes plus ou moins nombreuses dont elles continuent à traverser la paroi.

Lorsque les vacuoles sont très nombreuses elles donnent naissance à une sorte d'émulsion et dans ce cas l'accroissement de masse de la substance plastidale devenant très insuffisante pour compenser la grande dispersion de cette substance sur les parois des nombreuses alvéoles, il en résulte que ces parois ténues ne peuvent produire qu'une faible quantité de catalyseur amylogène et que l'on observe le phénomène de la condensation lente qui se traduit le plus souvent après l'action de l'iode par une teinte à peine violacée du contenu des alvéoles.

Ce sont des observations que j'ai faites souvent lors de la germination des graines de Haricot dans les hypocotyles où les plastes ont une réaction très fortement pluriloculaire.

En résumé la production de l'amidon dans les plastes est le résultat d'une double action :

1° Formation dans le stroma plastidal d'une ou de vacuoles plus ou moins nombreuses résultant d'une perméabilité spéciale aux sucres de la substance plastidale qui se déclenche lorsque le taux de sucre de la cellule atteint une certaine valeur (seuil de condensation). 2° Diffusion dans cette ou dans ces alvéoles du sucre venant du cytoplasme et d'un catalyseur amylogène issu de l'écorce du plaste. La condensation est lente ou rapide suivant les proportions relatives de sucre et de catalyseur qui dépendent elles-mêmes du taux de sucre de la cellule.

Comment le taux de sucre de la cellule agit-il en provoquant cette perméabilité spéciale aux sucres de la substance plastidale ? Il est impossible de le préciser, mais il est à présumer, si l'on se rapporte à mes observations antérieures sur le rôle du cytoplasme dans l'amylogenèse, que le taux de sucre agit ici non pas directement sur le stroma plastidal mais indirectement par une action modificatrice adéquate qu'il détermine dans le cytoplasme.

CYTOLOGIE. — *L'appareil parabasal et les constituants cytoplasmiques des Zooflagellés.* Note de MM. **O. Duboscq** et **P. Grassé**, présentée par M. M. Caullery.

Dans le cytoplasme d'un Zooflagellé, on observe communément, en plus du système flagellaire, un appareil parabasal, des mitochondries et des grains ou vacuoles colorables par le rouge neutre.

D'après les recherches de P.-A. Dangeard, Pierre Dangeard et les nôtres, les Flagellés ont au moins six organites différents, pouvant prendre le rouge neutre : le système mucifère, les vacuoles alimentaires, les vacuoles pulsatiles, les pusules, les cinétovacuoles, et les sphérules ou grains épars constituant le vacuome proprement dit. Chez plusieurs Hypermastigines (*Jœnia*, *Trichonympha*), les vacuoles alimentaires sont les seules à se colorer vitalement par le rouge neutre. Le vacuome ne serait pas un élément constant de la cellule si les vacuoles de nutrition ne les représentaient pas. P.-A. Dangeard (cf. *Le Botaniste*, 22) soutient depuis longtemps que les vacuoles des plantes sont comparables aux vacuoles digestives des Protozoaires.

Les mitochondries existent chez tous les Zooflagellés sous la forme de grains ou de bâtonnets à extrémités renflées. Elles n'ont aucun lien génétique avec le parabasal, tout en possédant des réactions voisines.

Ainsi que nous l'avons dit dans des travaux antérieurs, la structure et les réactions du parabasal sont celles des dictyosomes des cellules sexuelles des Métazoaires. Quant aux rapports avec le blépharoplaste ou le centriole et aussi avec le noyau, ils sont ceux de l'idiozome, qui n'est lui-même qu'un dictyosome ou un agrégat de dictyosomes. Comme l'avait bien vu Janicki, l'union du parabasal et du blépharoplaste n'est pas constante. Dans un certain nombre de cas (*Calonympha*, l'un des parabasaux de *Jœnia*, *Proteromonas*, Choanoflagellés, etc.), ces deux organites sont plus ou moins séparés l'un de l'autre.

Le parabasal se multiplie normalement par division binaire et par conséquent dérive d'un parabasal préexistant. Si A. et M. Lwoff (*Bull. Biol.*, 65) admettent sa disparition cyclique, c'est que, chez les Herpétomonadidés, ils prennent pour parabasal un organite qui n'en a ni les rapports, ni la structure, ni les réactions. Le kinétonucleus de beaucoup d'auteurs est bien le vrai parabasal, ainsi qu'on l'admet généralement.

Comme les dictyosomes, les parabasaux se divisent souvent très tôt (prédivision) et de ce fait peuvent perdre les connexions qu'ils avaient avec le

blépharoplaste indivis. A ce point de vue, les Joeniidés se comportent comme un Flagellé en prédivision : un seul de leurs parabasaux reste en relation avec le blépharoplaste ou, pendant la division, avec le pôle du fuseau.

Nous n'excluons pas la possibilité d'une néoformation du parabasal, pas plus qu'on ne saurait nier la néoformation exceptionnelle des centrioles ou des mitochondries. Kirby (*Univ. of California Publ.*, *Zool.*, 36) a cru en trouver un cas dans *Trichomonas termopsidis*, mais ses images suggèrent une autre interprétation. Il est possible que, chez ce *Trichomonas*, tout se passe comme chez les *Cryptobia* ou les *Jœnia*.

On sait que le parabasal se comporte comme une glande interne, tel l'idiozome sécrétant l'acrosome. Au moment de la division, de nombreuses sphérules de sécrétion sont rejetées dans le cytoplasme. Cette élimination peut entraîner la désagrégation et le rejet de la partie postérieure du parabasal (*Cryptobia, Jœnia*).

Une même structure, des réactions, rapports et fonctions qui sont aussi les mêmes, justifiaient déjà l'homologie du parabasal et de l'idiozome, quand l'étude des Éponges a fait voir leur identité. D'après les recherches de O. Tuzet (*Comptes rendus*, 192), l'idiozome semble bien dériver du parabasal du choanocyte.

L'idiozome est très généralement considéré comme l'appareil de Golgi des cellules sexuelles et tout concourt à le démontrer, particulièrement le développement de l'appareil de Golgi des cellules nerveuses (Cajal, Hirschler, Alexenko). Pour ceux qui ne contestent pas ces données classiques, il s'impose de considérer l'appareil parabasal comme l'appareil de Golgi. Les constituants cytoplasmiques d'un Flagellé se trouvent ainsi concorder avec ceux des Métazoaires.

Pourra-t-on établir un parallélisme pareil avec les constituants cytoplasmiques des Végétaux? Il est imprudent de l'affirmer. Mais on ne saurait trop attirer l'attention sur les recherches d'Elliot Weyer (*Proc. Nat. Ac. of Sc. U. S. A.*, 16; *La Cellule*, 40) et les fortes preuves qu'elles fournissent en faveur de l'homologation de certains plastes aux dictyosomes. La limosphère des spermatides des Mousses dérive d'un plaste et représente sans doute l'idiozome, c'est-à-dire le parabasal. Récemment Germaine Py (*Comptes rendus*, 192) observait, dans les grains de pollen, des plastes ressemblant aux dictyosomes. Ajoutons que, à en juger d'après les recherches de Meves (*Arch. f. mikr. Anat.*, 91), le chromatophore d'une spermie de Fucus paraît bien, lui aussi, par ses rapports, ses réactions et sa structure, devoir être rapproché du parabasal d'un Flagellé.

PHYSIOLOGIE. — *Considérations générales sur la circulation des sangs artériel et veineux dans les cœurs à trois cavités des Vertébrés et mesure du degré de leur mélange.* Note de MM. **F. Marceau** et **L. Acolat**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Chez les Poissons, sauf les Dipneustes, le sang veineux seul traverse le cœur. Chez les Oiseaux et les Mammifères, le sang artériel et le sang veineux traversent deux séries de cavités accolées, mais complètement séparées et il n'y a aucun mélange. Il en est tout autrement dans les cœurs des Vertébrés à un seul ventricule pour deux oreillettes (Dipneustes, Batraciens, Reptiles, sauf les Crocodiles).

Les auteurs jusqu'ici se sont seulement préoccupés d'étudier les dispositions anatomiques qui empêchent un mélange complet des sangs artériel et veineux, ce qui permet une nutrition convenable des différentes parties du corps, en rapport avec leurs fonctions (la tête, par exemple, recevant du sang plus oxygéné que les autres régions). Ils n'ont pas cherché, à notre connaissance, à établir la nécessité et le degré de ce mélange pour l'équilibre de la circulation et à déterminer d'une façon bien évidente les régions où il se produit.

Au cours de recherches entreprises au Laboratoire sur cette question [1], il nous a semblé intéressant d'établir d'abord certains faits fondamentaux destinés à guider ces recherches.

Le cœur fonctionnant normalement, la somme des capacités des deux oreillettes en réplétion doit être égale à celle du ventricule dans le même état. Si les oreillettes avaient une capacité égale, ou bien le mélange pourrait être évité, ou bien il pourrait se faire dans une proportion quelconque tant dans le ventricule qu'à l'origine des gros troncs artériels qui en partent. Or il n'en est pas ainsi et depuis longtemps a été observée l'inégalité de volume des oreillettes, qui résulte de l'inégalité du nombre et des sections des vaisseaux sanguins y aboutissant.

Nous nous proposons de décrire dans cette Note une méthode de mesure des proportions du mélange du sang artériel avec le sang veineux dans le ventricule, au niveau de l'origine des troncs artériels qui en partent. Ces proportions dépendent évidemment du rapport des volumes des oreillettes, mais des dispositions anatomiques spéciales ou des particularités dans la

(1) L. Acolat, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 767 et 849.

contraction de telle ou telle partie du cœur interviennent pour déterminer tel ou tel degré de mélange suivant les régions.

Dans un premier cas, sans doute jamais réalisé dans la nature, le mélange du sang artériel et du sang veineux est complet et tous les vaisseaux issus du ventricule reçoivent le même mélange.

En général, ainsi que les auteurs l'ont déjà signalé, il ne se produit qu'un mélange très incomplet et, par ordre de richesse croissante en sang artériel, on peut classer ainsi les vaisseaux issus du ventricule : artère pulmo-cutanée, crosses aortiques (Batraciens) ou artère pulmonaire, crosse gauche, crosse droite irrigant spécialement la tête et les membres antérieurs quand ils existent (Reptiles).

La méthode consiste à créer une double circulation artificielle dans le cœur avec du liquide de Ringer-Locke, ce liquide arrivant par la veine cave inférieure et la veine pulmonaire, les veines caves supérieures ayant été liées pour ne pas trop compliquer l'expérience, assez délicate à réaliser avec les animaux de petite taille. Les vaisseaux issus du ventricule sont dénudés sur une certaine longueur quand cela est possible, ou l'on y adapte de petites canules en verre quand ils sont trop courts, pour recueillir les liquides qui en sortent. L'alimentation est réglée avec soin à l'aide de deux flacons de Mariotte à débit constant, de telle sorte que le cœur ainsi irrigué batte dans les conditions normales (en particulier que les deux oreillettes conservent leur volume normal et ne soient pas distendues). Le liquide arrivant dans l'oreillette gauche est coloré à l'aide de bleu de méthylène et représente le sang artériel. Après un quart d'heure on arrête l'expérience et l'on mesure les débits D et d des deux flacons de Mariotte, évidemment proportionnels aux capacités des oreillettes droite et gauche en réplétion et les débits V_1 de l'artère pulmonaire, V_2 de la crosse gauche et V_3 de la crosse droite. Si la circulation a été faite sans pertes de liquide, on a évidemment

$$D + d = V_1 + V_2 + V_3. \tag{1}$$

A l'aide d'un colorimètre de précision on détermine les intensités en couleur bleue i_1, i_2, i_3, proportionnelles aux richesses en sang artériel, des débits V_1, V_2, V_3 par rapport à celle du liquide d. Le calcul conduit à la relation

$$d = i_1 V_1 + i_2 V_2 + i_3 V_3 \tag{2}$$

qui permet une deuxième vérification.

Au lieu de bleu de méthylène, on peut employer du ferrocyanure de sodium qui ne modifie pas les battements du cœur et, après l'expérience, le précipiter à l'aide d'un sel ferrique. Les précipités sont faits dans trois tubes étroits et calibrés; les masses des précipités, évidemment proportionnelles aux volumes de sang artériel dans les différents débits, le sont aussi aux hauteurs h_1, h_2, h_3 dans les tubes. En mesurant dans les mêmes conditions la hauteur H du précipité obtenu avec un volume d du liquide primitif, on a comme vérification

$$H = h_1 + h_2 + h_3$$

qui est analogue à celle de la relation (2). Cette méthode des précipités est plus précise que la méthode colorimétrique, mais l'emploi du bleu de méthylène permet de suivre la marche du sang artériel dans le ventricule, quand les parois ne sont pas trop épaisses, et dans les gros troncs artériels.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les ferments solubles sécrétés par les Champignons hyménomycètes. Comparaison du pouvoir antioxygène du tanin et des constituants phénoliques des essences.* Note de M. **L. Lutz**, présentée par M. L. Mangin.

Connaissant l'extrême oxydabilité, sous l'action des oxydases fongiques, des constituants phénoliques des essences, ainsi que celle du tanin, propriété qui fait de ces corps des antioxygènes puissants, il y avait quelque intérêt à opposer les uns aux autres des phénols appartenant à ces deux groupes, de manière à apprécier l'intensité respective de leurs actions.

Des séries de trois tubes, renfermant 5^{cm^3} du milieu artificiel de culture habituel, ont été additionnés de V gouttes de solution aqueuse de tanin à 1 pour 100 et, respectivement, de I goutte de solution ou de suspension aqueuse à 1 pour 100 des constituants phénoliques suivants des huiles essentielles : métacrésol, paracrésol, thymol, carvacrol, gaïacol, eugénol, anéthol, créosol, salicylate de méthyle.

L'ensemencement a été fait avec les trois Champignons suivants : *Stereum hirsutum*, *S. purpureum*, *Coriolus versicolor*.

D'autres tubes renfermant soit du tanin seul, soit ceux des constituants phénoliques d'essences dont l'oxydation se traduit par une coloration (gaïacol, paracrésol) et ensemencés avec les mêmes Champignons, servent de témoins.

I. Dans aucun cas, la rapidité de coloration en brun du tanin, indice de son oxydation, n'a été modifiée.

II. Inversement, l'oxydation des constituants phénoliques d'essences a présenté des retards marqués. C'est ainsi qu'avec le *Coriolus versicolor*, le plus actif des trois Champignons ensemencés, le gaïacol a commencé à se colorer, en présence du tanin, trois jours plus tard que le témoin sans tanin et le paracrésol un mois plus tard.

On voit ainsi, dans cette expérience, le tanin non seulement se conduire comme un antioxygène beaucoup plus puissant que les phénols envisagés, mais encore accaparer en quelque sorte l'action des oxydases fongiques et protéger temporairement contre l'oxydation les autres phénols qui lui sont associés.

C'est un nouvel argument très puissant à ajouter à ceux qui découlent de mes expériences précédentes et qui tendent à faire envisager le rôle antioxygène du tanin comme sa principale caractéristique biologique.

De plus, l'opinion émise par Moureu qu'on pourrait probablement trouver des corps suffisamment antioxygènes pour jouer ce même rôle à l'égard d'autres composés qui, pris isolément, sont déjà antioxygènes par eux-mêmes, trouve ici une première vérification.

BIOLOGIE PHYSICO-CHIMIQUE. — *Actions à distance sur le développement de l'œuf d'Oursin. Essai d'interprétation.* Note de M. **J. Magrou**, de Mme **M. Magrou** et de M. **P. Reiss**, présentée par M. F. Mesnil.

Des réactions d'oxydation et des suspensions microbiennes exercent, à travers une lame de quartz doublée ou non de paraffine, une action à distance sur le développement de l'œuf d'Oursin. A travers le verre cette action ne se manifeste pas (¹). Nous avons cherché à préciser quel rôle la nature de la lame interposée jouait dans la manifestation du phénomène. A cet effet nous avons placé, entre le réactif et l'élevage d'œufs, différents systèmes simples ou complexes énumérés dans le tableau ci-après. L'action à distance a été observée dans une proportion de lots variable suivant le système employé. Dans le tableau, ces systèmes sont classés d'après les valeurs décroissantes de cette proportion.

(¹) J. et M. Magrou, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 802; 191, 1930, p. 802 et 963. — J. Magrou, M. Magrou et P. Reiss, *Ibid.*, 189, 1929, p. 779.

Systèmes interposés entre le réactif et la culture d'œufs d'Oursin.	Lots anormaux ou irréguliers (action à distance).	Lots normaux.
I. Deux lames de quartz séparées par une couche de paraffine chargée de noir animal	5	0
II. Capsule de quartz contenant les œufs, isolée électriquement (la capsule est enchâssée dans un carton paraffiné et suspendue, par des fils paraffinés, au-dessus du réactif qu'elle ne touche pas) (1)	6	1
III. Deux lames de quartz superposées	8	2
IV. Deux lames de verre séparées par une couche de paraffine	16	5
V. Deux lames de quartz séparées par une couche de picéine	6	2
VI. Deux lames de quartz avec, entre elles, un disque d'aluminium de même diamètre que les capsules de réactif	5	2
VII. Une lame de verre scellée sur le récipient contenant le réactif	2	1
VIII. Une lame de quartz	14	8
IX. Un disque d'aluminium entre une lame de quartz et une couche de paraffine	3	2
X. Capsule de verre contenant les œufs, isolée électriquement (même dispositif que le n° II) (1)	2	4
XI. Deux lames de verre superposées	1	4
XII. Deux lames de verre séparées par une couche de paraffine (comme au n° IV, mais les faces inférieures des deux lames sont reliées le long de la périphérie par une feuille d'aluminium)	1	6
XIII. Une lame de verre	1	16

Nous avons employé le plus souvent, comme réactif, une solution de phénosafranine, réduite à l'hydrosulfite immédiatement avant l'utilisation et se réoxydant à l'air. Nous avons utilisé aussi des suspensions microbiennes et du glucose en voie d'oxydation (comprimés de glucose plongés dans une solution de permanganate). Les résultats obtenus en cette saison (Roscoff, 1931) ont été moins nets pour les systèmes déjà étudiés précédemment (une lame simple de quartz, entre autres) que les autres années; nous tenterons plus loin de l'expliquer.

On aurait pu supposer que le phénomène était dû à un rayonnement ultraviolet émané de la substance active et traversant le quartz, mais non le verre. Le tableau ci-dessus montre que l'on ne saurait, dans le cas de nos expériences, recourir à cette explication; en effet, l'action observée ne dépend pas de la transparence du système interposé pour les rayons ultra-

(1) Remarquons que les témoins suspendus de la même façon, mais en l'absence d'un réactif, se sont développés normalement.

violets, puisqu'elle se manifeste quand on double la lame de verre de certaines substances qui peuvent être elles-mêmes opaques à ces rayons. Par contre, la comparaison entre les séries IV et XII du tableau nous suggère une hypothèse à base électrique. Il a suffi, en effet, de supprimer l'isolement électrique de la couche de paraffine et de la lame inférieure de verre par la bande métallique, pour que les résultats soient complètement modifiés et deviennent comparables à ceux que l'on obtient en intercalant une simple lame de verre, alors que les propriétés optiques de l'écran restent les mêmes. Toutes les fois que l'action à distance se manifeste, nous sommes donc en présence de deux éléments : un système interposé bon isolant électrique et un écart considérable entre le potentiel d'oxydation-réduction du réactif utilisé et celui de l'élevage d'œufs. Ce dernier, en effet, est de $+300\,mV$ environ. L'oxydation du glucose par le permanganate se fait à un potentiel supérieur à $+1\,V$; dans les suspensions très épaisses de levures ou de bactéries, le potentiel descend rapidement au-dessous de 0°; la réoxydation de la phénosafranine se fait à $-200\,mV$. On peut donc essayer d'interpréter les résultats comme étant dus à un écart des potentiels sur les deux faces d'une lame isolante ([1]).

Les expériences suivantes ont montré que des différences de potentiel du même ordre de grandeur appliquées aux mêmes dispositifs aboutissent à des résultats identiques. Un support isolant porte des tubes de quartz ou de verre paraffiné fermés à une extrémité et disposés par paires. Au-dessus de chaque paire se trouve, maintenue à distance dans un support ou posée, une capsule contenant l'élevage d'œufs. Dans les tubes pénètre un fil de cuivre relié à un pôle d'une batterie de un à six accumulateurs au ferro-nickel; l'autre pôle est à la terre. Dans huit expériences sur dix, les lots d'œufs placés en capsules de quartz ont montré un développement irrégulier avec des formes anormales. Parmi les lots placés en capsules de verre, quatre sur dix ont montré des irrégularités, d'ailleurs généralement moins prononcées que celles observées en capsules de quartz. Le nombre d'élé-

([1]) Nous attirons l'attention sur le fait que le système n'est pas assimilable à un condensateur ordinaire à armatures liquides, en ce sens que la différence de potentiel est d'origine intrinsèque. L'interprétation proposée n'exclut pas que les actions à distance ne puissent être dans d'autres cas attribuées à l'ultraviolet, capable d'agir en modifiant la structure électrique du milieu; l'action de l'ultraviolet ne serait alors qu'un cas particulier d'un phénomène relevant d'une cause plus générale. Quant aux expériences qui ont donné à Mlle Choucroun (*Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1674) des résultats positifs malgré l'intercalation d'une lame de plomb entre deux lames de quartz, elles s'expliquent peut-être par l'hypothèse électrique.

ments de la batterie qu'on utilise semble sans influence sur le résultat.

Dans une dernière série d'expériences, nous avons remplacé l'accumulateur par un récipient de verre contenant une solution de phénosafranine réduite; dans cette solution plonge une électrode en platine qui est elle-même en rapport avec le fil de cuivre du tube de quartz. Dans ces conditions, nous avons eu dix résultats positifs, c'est-à-dire des développements anormaux, sur un total de quinze lots exposés. Les résultats positifs ont coïncidé avec des journées de temps sec, ce qui concorde avec notre hypothèse électrique (¹) et explique en même temps que, pendant cette saison particulièrement pluvieuse, nos résultats avec certains des systèmes étudiés précédemment aient été moins nets.

PARASITOLOGIE. — Cercaria ocellata, *déterminant la dermatite des nageurs, provient d'une bilharzie des canards.* Note de M. **E. Brumpt**, présentée par M. F. Mesnil.

Ssinitzin (1902), P. Mathias (1930), H. Vogel (1930), Taylor et Baylis (1930) ayant recherché sans succès la forme adulte de *Cercaria ocellata* et une enquête épidémiologique au Bois de Boulogne m'ayant convaincu que, seuls, les canards ou les cygnes pouvaient être les hôtes définitifs de ce parasite, j'ai entrepris un certain nombre d'expériences. Sans insister sur les résultats négatifs que j'ai enregistrés en utilisant des poissons rouges, des souris et des rats blancs, un poulet, une mouette [*Larus ridibundus* (²)], morts ou sacrifiés plusieurs semaines après le début de l'expérience, je résumerai ci-dessous les résultats positifs obtenus chez quatre canards sur quatre (³) ayant vécu plus de 13 jours après la pénétration des cercaires à travers leur peau.

Expérience 987-XII. — Canards baignés dans des cuves renfermant *Planorbis corneus*, *Limnæa stagnalis* et quelques *L. limosa*. Sacrifié le 13ᵉ jour, il montre dans ses organes des œufs de *Bilharziella polonica*, des œufs ressemblant à ceux de *B. yokogawi*, enfin des œufs (*fig.* 11 et 12) en forme de nacelle.

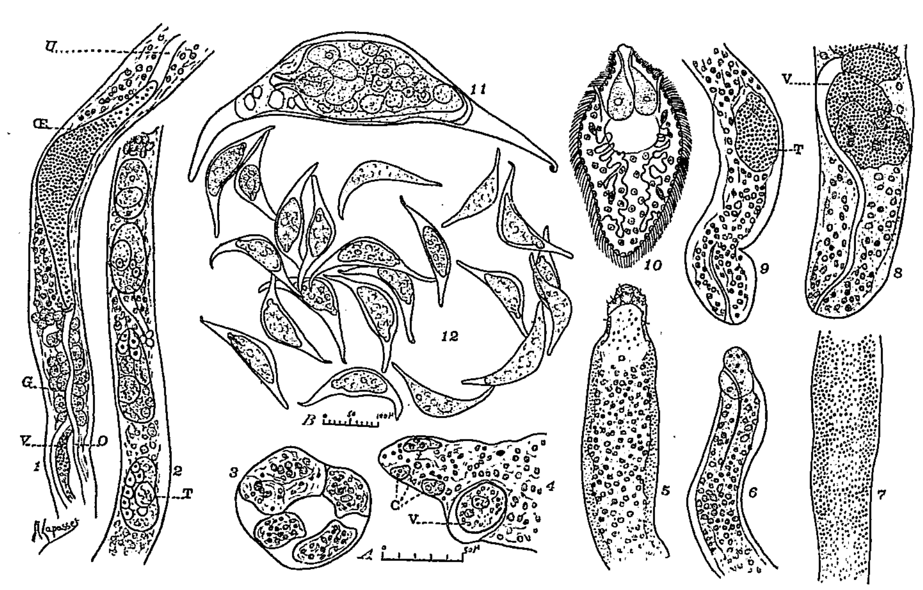
Afin de savoir quel était, parmi ces deux derniers œufs, celui qui appar-

(¹) Voir Vlès (*Arch. de Physique Biol.*, 8, 1930, p. 182) pour l'action de facteurs électriques sur les organismes. M. Vlès a d'ailleurs en publication des expériences sur les œufs d'Oursin qui sont la suite de celles sur les plantes; une interprétation électrique des actions mitogénétiques a été également envisagée.

(²) MM. E. Bourdelle et P. Rode ont bien voulu me procurer deux exemplaires de cette espèce.

(³) Huit canards témoins ont été négatifs.

tenait au cycle de *C. ocellata*, des canards neufs furent infectés uniquement par cette dernière cercaire.



Trichobilharzia ocellata (La Valette Saint-Georges, 1854) Brumpt, 1931.

1, fragment de femelle montrant un œuf utérin (*œ*) dans l'ootype; l'utérus (*u*), les cellules de la glande coquillière (G); le vitelloducte (*v*) et l'oviducte (*o*). — 2, fragment de mâle montrant quatre testicules placés sur une file unique. — 3, coupe d'une petite veine mésentérique renfermant quatre sections de *Trichobilharzia*. — 4, villosité du gros intestin d'un canard, *c*, capillaires superficiels; *v*, section d'un ver dans un capillaire superficiel. — 5, vue dorsale de l'extrémité antérieure d'une femelle avec les verrues pourvues d'un poil sensoriel. — 6, Vue latérale montrant l'orifice buccal et la petite ventouse antérieure. — 7, partie moyenne du corps d'un mâle avec les épines cutanées caractéristiques. — 8, extrémité postérieure d'une femelle, *v*, glandes vitellogènes. — 9, extrémité postérieure d'un mâle, T, le dernier testicule. — 10, un miracidium venant d'éclore. — 11, œuf mûr ayant évolué en parasite dans les tissus du canard. — 12, un champ microscopique de la muqueuse intestinale d'un canard infecté expérimentalement. Les figures 1 à 11 sont représentées à l'échelle A; la figure 12 à l'échelle B.

Expérience 24-XIV. — Canard mort le 17[e] jour; montre de nombreux œufs en nacelle (*fig.* 11 et 12) dans la muqueuse du tube digestif. La recherche des adultes dans les veines, par mon jeune assistant M. Balthazard, est négative.

Expérience 22-XIV. — Canard mort le 25[e] jour; œufs (*fig* 11 et 12) abondants, 60 à 80 par champ (obj. 2 oc. 6 Stiassnie) dans les trois derniers cinquièmes de l'intestin grêle et dans le gros intestin. Je récolte des fragments de vers adultes.

Expérience 23-VIV. — Canard sacrifié, étant bien portant, le 35[e] jour. Mêmes constatations que chez le précédent.

Les vers adultes extrêmement grêles vivent dans les vaisseaux superficiels de la muqueuse (*fig.* 4), où ils s'accouplent et pondent, ainsi que dans quelques vaisseaux mésentériques (*fig.* 3); aucun n'a pu être obtenu en entier. Cependant, en utilisant des fragments de vers et des coupes en

série, j'ai pu identifier ce ver à *Trichobilharzia kossarewi* décrit par Skrjabine et Zakharow, en 1920, d'après un seul exemplaire mâle trouvé chez un canard sauvage en Russie. Par application des lois de la priorité, ce ver doit se nommer *Trichobilharzia ocellata* (La Vallette, 1854; Brumpt, 1931).

J'ai constaté, en étudiant l'attraction miracidienne, une absence complète de spécificité. L'attraction, étudiée chez 8 espèces de mollusques, n'a été négative que chez *Bithynia tentaculata;* elle a été plus forte chez *Planorbis corneus*? *P. rotundatus*, *Limnæa palustris*, chez lesquels *C. ocellata* ne se rencontre pas dans la nature, que chez *L. stagnalis*, son hôte normal. J'espère pouvoir, d'ici peu, fermer le cycle évolutif de ce curieux trématode chez des limnées soumises à l'infestation de miracidiums provenant des canards 22 et 23.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Interprétation des variations de la chronaxie musculaire par répercussion, avec et sans troubles fonctionnels.* Note de M. **Georges Bourguignon**, présentée par M. d'Arsonval.

Dès mes premiers travaux sur la chronaxie chez l'Homme, j'ai montré que les lésions des nerfs mixtes ([1]), comme les lésions centrales ([2]), modifient à distance la chronaxie du point moteur musculaire, et j'ai réuni tous ces faits dans une loi que j'appelle Loi des répercussions. C'était la première démonstration d'une action des centres sur la chronaxie périphérique. Les phénomènes de la dégénérescence musculaire consécutive aux lésions du neurone moteur périphérique ne sont donc qu'un cas particulier de cette loi des répercussions ([3]).

Dès la découverte des répercussions, j'ai montré que la variation de la chronaxie ne s'observe pas, en général, sur le nerf moteur lui-même, mais seulement sur le point moteur mnsculaire ([4]). Des expériences récentes sur le Lapin ont démontré ([5]) que la modification de la chronaxie porte sur les nerfs intra-musculaires et sur les fibres musculaires en respectant la portion extra-musculaire du nerf. La *fibre musculaire* paraît donc être le siège de la

([1]) G. Bourguignon, *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 453.

([2]) G. Bourguignon, *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 773.

([3]) G. Bourguignon, *Les syndromes chronaxiques et le rôle de la chronaxie dans le diagnostic des lésions centrales* (*Paris-Médical*, 21e année, n° 40, 3 octobre 1931, p. 290).

([4]) G. Bourguignon, *La chronaxie chez l'Homme*, p. 339, 1 vol., Masson, 1923; *C. R. Soc. de Biol.*, 107, xvi, 1923, p. 220.

([5]) G. Bourguignon et D. Bennati, *C. R. Soc. de Biol.*, 107, xvi, 1931, p. 223.

répercussion et avoir une certaine action, probablement par ses noyaux, sur la terminaison des fibres nerveuses à l'intérieur du muscle.

Bien que du même ordre de grandeur, les répercussions réflexes et centrales diffèrent par le fait que les répercussions réflexes n'entraînent aucun trouble fonctionnel ni des réflexes, tandis que les répercussions, centrales en entraînent. En rapprochant différents faits, on peut émettre une hypothèse qui permet de comprendre cette différence. D'une part le système nerf-muscle est sensible dans sa partie terminale, tandis que le nerf moteur depuis son origine à la moelle jusqu'au muscle présente une grande résistance. D'autre part, dans le nerf mixte, la chronaxie des filets sensitifs, *qui sont des prolongements protoplasmiques*, est au contraire très sensible aux répercussions, ainsi qu'en témoignent les variations de la chronaxie sensitive dans les syndromes thalamiques (1) et dans les lésions médullaires qui produisent si fréquemment ce que j'ai appelé le syndrome de Brown-Séquard chronaxique (2).

C'est cette différence de réaction des prolongements protoplasmiques ou cellulipètes, et des prolongements cylindraxiles ou cellulifuges, qui va nous permettre de comprendre la présence ou l'absence de troubles fonctionnels et des réflexes dans les répercussions.

L'ordre de grandeur des variations de la chronaxie musculaire dans toutes les répercussions est tel que le rapport entre la chronaxie du nerf extra-musculaire et du muscle (y compris les nerfs intra-musculaires) ne dépasse jamais 1/2 à 1/3 : le passage de l'influx nerveux moteur est donc toujours possible.

Dans les répercussions réflexes, tous les centres étant intacts il n'y a donc aucun trouble fonctionnel.

Au contraire, les lésions centrales, malgré la conservation de la possibilité de la transmission de l'influx nerveux, troublent le mouvement volontaire, d'une manière ou d'une autre suivant le centre lésé.

Pour les réflexes, j'ai montré que la loi des réflexes cérébro-spinaux tant à l'état normal qu'à l'état pathologique est *l'isochronisme sensitivo-moteur*.

Or, dans les répercussions réflexes, dans lesquelles nous avons déjà vu qu'il n'y a aucun trouble fonctionnel, les réflexes restent normaux. Ce fait ne peut évidemment s'expliquer que si les rapports de chronaxie sont restés les mêmes dans la moelle, c'est-à-dire s'il n'y a eu aucun changement de chronaxie des prolongements protoplasmiques des neurones moteurs en

(1) G. BOURGUIGNON, *Revue neurologique*, 1, VI, 1927, p. 1081.
(2) G. BOURGUIGNON, *Paris-Médical*, *loc. cit.*, p. 294.

rapport fonctionnel avec les terminaisons des racines postérieures du côté de la lésion.

Au contraire, dans une lésion pyramidale par exemple, le réflexe plantaire se renverse (signe de Babinski) et la chronaxie sensitive des nerfs plantaires, restée normale, est devenue égale à la chronaxie musculaire des extenseurs qui a doublé de valeur, pendant que la chronaxie des fléchisseurs a diminué de moitié; mais le rapport des chronaxies sensitives et motrices des fibres nerveuses dans le nerf mixte est resté le même puisque les cylindraxes moteurs ont conservé leurs chronaxies normales. On ne peut s'expliquer le renversement du réflexe que par l'apparition dans la moelle d'un isochronisme sensitivo-moteur qui change les aiguillages. En l'absence de tout trouble de la sensibilité et de la chronaxie sensitive on ne peut expliquer les faits qu'en supposant que la chronaxie des *prolongements protoplasmiques*, plus sensible que celle des cylindraxes, a varié de la même manière que celle des muscles.

Dans cette hypothèse, les rapports de chronaxie à l'intérieur de la moelle seraient les mêmes qu'à la périphérie entre les *nerfs* sensitifs et les *muscles* : le renversement des aiguillages expliquerait ainsi le renversement du réflexe.

La conclusion est que les répercussions d'origine centrale porteraient à la fois sur les prolongements protoplasmiques des cellules motrices de la corne antérieure de la moelle et sur les muscles et terminaisons intramusculaires des nerfs moteurs, tandis que les répercussions d'origine réflexe ne porteraient que dans l'intérieur des muscles. Ainsi, le neurone moteur apparaîtrait comme sensible seulement à ses deux extrémités. Les prolongements protoplasmiques, plus sensibles que les cylindraxes, mais moins sensibles que le muscle, seraient influencés par les lésions centrales, mais ne le seraient pas par les lésions sensitives.

Les faits que je viens d'exposer et l'hypothèse qui en découle expliquent ainsi que les répercussions puissent, avec des chronaxies musculaires de même valeur, entraîner ou non des troubles fonctionnels et des réflexes.

M. J. **Thoulet** adresse une Note *Sur la planète Mars*.

La séance est levée à $15^h 40^m$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 OCTOBRE 1931.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS DE LAUNAY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **A. Lacroix** fait hommage à l'Académie d'un volume intitulé Muséum d'Histoire naturelle. *Collection de Minéralogie. Guide du Visiteur*; par M. A. Lacroix. Quatrième édition. (Publié par la Société des Amis de Muséum.)

PALÉONTOLOGIE. — *Quelques cas d'évolution*. Note de M. **H. Douvillé.**

L'étude des fossiles est particulièrement intéressante au point de vue de l'évolution; elle permet fréquemment de suivre les modifications progressives d'une même forme dans la succession des étages géologiques; c'est ce qu'on peut appeler l'*évolution en escalier*, où chaque marche représente une espèce; leur réunion constitue un rameau. Mais quelquefois aussi on constate des modifications brusques entraînant l'apparition de caractères nouveaux qui se perpétuent par hérédité, et c'est ainsi que prennent naissance de nouveaux rameaux. Dans le cours de mes études sur les Mollusques lamellibranches, j'ai eu occasion d'observer un certain nombre de cas de ce genre; l'un des mieux caractérisés est celui qui marque l'origine de la famille des Rudistes, si largement développée dans le Jurassique supérieur et le Crétacé.

Elle apparaît brusquement avec le genre *Diceras*, à un niveau bien connu, le Rauracien, et dans une région également bien connue au point de vue géologique, au milieu des récifs de coraux qui jalonnent le pourtour du massif vosgien. C'est une forme singulière et qui diffère étrangement de tous les autres mollusques bivalves, deux cornes plus ou moins tordues réunies par leurs bases; quelle peut être son origine?

Il est facile de constater que la coquille était fixée à des corps étrangers par le sommet d'une de ses valves; c'est ce qui la distingue des autres formes du même groupe; et l'on peut se demander si ce n'est pas la cause de sa déformation. On est ainsi amené à la rapprocher de formes parentes libres ayant vécu dans le voisinage. Il en est une seule qui présente une ornementation analogue formée de côtes rayonnantes, ornementation assez exceptionnelle dans ce groupe à la même époque, c'est le *Pterocardium Buvignieri*, et c'est ainsi que j'ai été conduit à considérer le premier *Diceras* comme résultant de la fixation directe d'un *Pterocardium*.

Nous connaissons dans les mers actuelles un groupe présentant le même mode de fixation, ce sont les *Chama*; il nous montre comment se produit l'immobilisation de l'animal et quelles en sont les conséquences : la soudure s'effectue par le bord antérieur de la coquille et dès la phase embryonnaire; la région postérieure, libre relativement, se développe en tournant autour de la partie fixée, d'où la torsion de la coquille; en même temps la charnière ligamentaire suivant le mouvement tangentiel de la région postérieure reste dans le voisinage du muscle postérieur et empêche dans cette partie le développement des dents de la charnière; ainsi torsion de la coquille et suppression des dents postérieures. Or c'est précisément ce que nous observons dans *Diceras*, par comparaison avec *Pterocardium*; nous verrons, de plus, que la partie antérieure de la charnière est à peine modifiée et que les impressions des muscles ont conservé la même disposition : en particulier celle du muscle postérieur a ses bords relevés dans *Diceras*, exactement comme dans *Pterocardium*. L'hypothèse que nous avions faite se trouve ainsi vérifiée : *Diceras* a bien dérivé de *Pterocardium* à l'époque jurassique par fixation directe, comme plus tard dans le Crétacé supérieur, *Chama* a dérivé de *Corbis*.

Les caractères nouveaux ont apparu dès la période embryonnaire et il semble bien que c'est la raison pour laquelle ils ont été stabilisés par l'hérédité. Nous les verrons ensuite dans les *Diceras* se modifier progressivement dans les différents étages du Crétacé et donner naissance à des genres nouveaux, la disposition générale étant toujours conservée.

Les cas que je viens d'examiner ne sont pas isolés; j'en ai signalé précédemment d'autres exemples, mettant bien en évidence l'influence du genre de vie sur la constitution de la coquille (¹); c'est ainsi que la fixation par

(¹) *Classification des Lamellibranches* (*Bull. Soc. géol. de France*, 4ᵉ série, 12, 1892, p. 419).

un byssus filiforme entraîne l'atrophie progressive du muscle antérieur, caractérisant la famille des Dysodontes et apparaissant dès l'époque paléozoïque avec les Mytilidés; la même fixation byssale, à une époque plus récente et dans une famille différente, celle des Hétérodontes, a donné naissance à une coquille de même forme, les Moules d'eau douce ou *Dreyssenssia*.

Le muscle antérieur disparaît entièrement dans les *Pecten* et nous retrouverons ici un nouvel exemple de fixation directe donnant naissance, à l'époque crétacée, au rameau des Spondyles. Elle se produit au début du développement de l'animal : au diamètre de $1^{mm},5$ la coquille est encore un *Pecten* avec ses oreillettes et sa fossette ligamentaire médiane; brusquement elle se fixe par la valve droite, son ornementation change aussitôt, ainsi que son mode de développement : par son area ligamentaire, par son test épais souvent orné de longues épines, elle contraste fortement avec les *Pecten* ancestraux. Une fixation analogue plus tardive, au diamètre de 15^{mm}, caractérisera de nos jours les *Hinnites*. La grande tribu des Ostréidés a une origine analogue : elle dérive de même d'un Monomyaire par fixation directe, mais alors de la valve gauche. L'origine est très ancienne et la forme ancestrale n'a pu encore être reconnue.

Une autre famille, celle des Desmodontes, comprend les mollusques qui se fixent en creusant un logement dans la vase ou dans le rocher; la coquille s'adapte à ce genre de vie et elle conserve toujours un plan de symétrie vertical. Un de ces individus arraché à sa demeure par les courants est couché sur le côté, comme autrefois les *Diceras*. Mais il n'y a plus ici de points d'attache solide, l'animal continue à vivre à plat sur la vase; la coquille devient dissymétrique et le ligament interne est soutenu par des cuillerons d'une forme particulière, ce sont les Corbules. Un nouveau changement se produit, l'animal se terre de nouveau, s'enfonce dans la vase, la coquille redevient symétrique, mais extérieurement seulement, car à l'intérieur les supports du ligament ont conservé la dissymétrie des Corbules; ainsi s'explique la disposition singulière que présentent les *Mya*.

Si nous revenons maintenant au Rudistes, nous verrons que les *Diceras* comme les *Chama* étaient fixés soit par la valve gauche (formes normales), soit par la valve droite (formes inverses). L'évolution se poursuit dans le Crétacé, où elle donne naissance à une série de genres, mais toujours fixés par la valve gauche. Parallèlement se développe un groupe beaucoup plus important et dont l'évolution devient tout à fait originale, avec les Caprines, les Radiolites, les Hippurites, etc.; mais ce sont alors des formes

inverses, fixées par la valve droite. On peut retrouver leur origine dans les *Heterodiceras* du Jurassique supérieur, encore fixés par la valve gauche, et dans lesquels le muscle postérieur est remonté sur le plancher cardinal; mais en même temps le déplacement tangentiel du ligament a diminué, permettant l'apparition d'une dent cardinale postérieure.

C'est dans cette phase du développement, au début du Crétacé, que se produit brusquement le changement du mode de fixation de la coquille, par la valve gauche au lieu de la valve droite, et immédiatement la dent cardinale postérieure apparaît à l'extrémité du ligament; elle va se développer et sera bientôt aussi importante que la dent antérieure, la charnière est redevenue symétrique; c'est le caractère des grands Rudistes du Crétacé qui par les Caprinidés arriveront aux Hippurites et aux Radiolites. Tout ce grand groupe semble ainsi résulter d'une modification paraissant bien peu importante et qui précédemment n'avait guère qu'une valeur spécifique.

Ainsi, en résumé, on voit que des changements brusques dans la manière de vivre d'un animal peuvent entraîner des modifications telles que les descendants ne ressemblent plus aux ascendants. Dans les cas que je viens d'examiner, ces changements se sont produits de très bonne heure, au début du développement de l'animal, et c'est vraisemblablement pour cette raison que les caractères acquis, stabilisés par l'hérédité, sont devenus héréditaires.

En fait ces changements semblent avoir été en outre favorables au développement de l'animal, la coquille est devenue plus épaisse, plus massive, comme on le voit en comparant les *Pterocardium* aux *Diceras* et à leurs formes dérivées Caprines, Radiolites, Hippurites; une différence de même ordre est également bien marquée entre les Spondyles robustes et épineux et les *Pecten* ordinairement minces et lisses.

IMMUNOLOGIE. — *Nouvelles recherches sur les cryptotoxines. Le phénomène de sursaturation des toxines par l'ion salicylique.* Note de M. **H. Vincent.**

A côté des savons, à propriétés hautement antitoxiques, j'ai démontré qu'il existe des corps de nature cristalloïde, capables de neutraliser, dans certaines conditions de doses, de température et de durée de contact, les toxines tétanique, diphtérique, colibacillaire, etc. Tels sont les sels sodiques de certains acides appartenant à la série cyclique, les composés halogénés

de l'acide orthosalicylique et, à un degré plus faible, les butyrate, mucate, pyruvate de sodium, etc., l'antipyrine, etc. ([1]).

A la dose minima de $0^g,04$ à $0^g,05$, l'orthosalicylate de sodium neutralise, à 38°, 1^{cm^3} d'une toxine tétanique ramenée par dilution au titre de 400 d. m. par centimètre cube. L'effet antitoxique, très faible après 40 heures, est plus net après 54 heures et complet aux quatrième ou cinquième jours. La tension superficielle du milieu est abaissée de 58 à 53 dynes.

Injectée progressivement au lapin, cette toxine tétanique salicylée l'immunise contre la toxine pure. Dans le complexe qu'elle forme avec l'ion salicylique, la toxine perd donc sa propriété pathogène et conserve son pouvoir immunigène ([2]).

L'affinité particulière de l'ion salicylique pour la toxine (et réciproquement), qui aboutit peut-être au blocage d'une fonction aminée de la toxine, se traduit par une grande stabilité du complexe. En effet, le chlorure de calcium, le sulfate d'ammonium, l'alcool absolu, la forte dilution du mélange à $\frac{1}{200}$, $\frac{1}{500}$ n'ont pas le pouvoir de le dissocier.

Seule, l'acidification par HCl/N jusqu'à production d'un pH voisin de 4,7 peut séparer une partie de la toxine tétanique ([3]). La toxine n'était donc pas détruite, mais seulement adsorbée et dissimulée : c'est une *cryptotoxine*.

La stabilité de celle-ci peut être démontrée d'une autre manière.

On soumet à la dialyse, sur membrane de collodion, 10^{cm^3} de toxine tétanique neutralisée par $0^g,4$ de salicylate de sodium, en renouvelant chaque jour le liquide extérieur (200^{cm^3}).

Après 14 heures ([4]), la dialyse a soustrait $0^g,18$ de salicylate de sodium; après 18 heures, $0^g,21$; au cinquième jour, $0^g,297$, soit près des trois quarts du sel. Or, à aucun de ces divers moments, les injections au cobaye, soit de la cryptotoxine en dialyse, soit du dialysat, n'ont provoqué le tétanos,

---

(1) H. VINCENT, *Sur quelques substances non colloïdales à propriétés cryptotoxiques* (*Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1175; *C. R. Soc. Biol.*, 103, x, 1930, p. 747; *Bull. Acad. de Médecine*, 100, XXVIII, 1928, etc.). — H. VINCENT et L. VELLUZ, *Sur les propriétés cryptotoxiques des acides oxybenzoïques halogénés* (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 648.

(2) H. VINCENT, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1175; *C. R. Soc. de Biologie*, 103, x, 1930, p. 747.

(3) L'injection du mélange au cobaye doit être immédiate.

(4) La toxine *pure*, mise en dialyse, commence à traverser la membrane à partir de la quatorzième heure.

même si l'on a injecté la totalité de la première (10^{cm^3}) (¹) et 35^{cm^3} du second.

De ce qui précède, on peut conclure que l'union de la toxine et de l'acide salicylique est très solide, mais aussi que le potentiel cryptotoxique réel ou latent de ce dernier corps est très supérieur à ce qu'il paraît être dans les conditions habituelles (²).

Dans la cryptotoxine salicylique, il est possible qu'une faible partie du salicylate de sodium se disperse sur les protides indifférents (non toxiques) du milieu. Mais cette union est fragile et l'expérience qui suit montre qu'en réalité la toxine fixe la presque totalité du sel.

Plusieurs tubes contenant 10^{cm^3} de toxine (tétanique) salicylée au titre minimum de neutralisation ($0^g,04$ pour 1^{cm^3}) sont laissés 5 jours à 39°. On en prélève alors $0^{cm^3},5$ ou 1^{cm^3} qu'on remplace par un volume égal de toxine tétanique pure, titrant aussi 400 d. m. par centimètre cube. On reporte à l'étuve et l'on renouvelle, tous les cinq jours, ce prélèvement et son remplacement, volume à volume, par de la toxine neuve. Les mélanges sont soigneusement agités.

Dans ces opérations successives, on abaisse progressivement le taux de concentration de l'acide salicylique, en même temps qu'on accroît successivement aussi la proportion de toxine pure contenue dans le milieu (³).

Or si, dans ces conditions, on inocule, au cobaye de 350^g, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{3}$ de centimètre cube de ces mélanges successifs, ou même davantage, on voit que les premières séries ne sont pas pathogènes. C'est seulement lorsque la concentration en salicylate de sodium s'est abaissée entre $0^g,0163$ et $0^g,0248$ par centimètre cube, que l'injection provoque le tétanos. Or cette proportion est entièrement incapable de neutraliser d'emblée la toxine.

En conséquence, la toxine pure, ajoutée au mélange salicylé neutre, est biologiquement inhibée, jusqu'à une limite assez fixe, par un excédent dis-

(¹) La toxine ainsi dialysée est immunigène.

(²) D'autres complexes cryptotoxiques offrent la même particularité. C'est ainsi que le complexe atoxique : toxine tétanique et antipyrine, étant traité par la benzine solvant de l'antipyrine, demeure cependant atoxique et immunigène (H. VINCENT, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1175).

(³) S étant le poids initial du salicylate de sodium dans le volume V de la toxine, s étant la quantité de liquide enlevée à chaque opération et remplacée par un volume v de toxine pure, la concentration du salicylate de sodium après n opérations est représentée par $\frac{S}{V}\left(1 - \frac{s}{v}\right)^n$.

ponible d'acide salicylique emprunté peut-être aux protides non spécifiques du milieu qui l'auraient partiellement capté, mais surtout *à l'acide salicylique fixé sur la toxine elle-même* en proportion bien supérieure à la dose limite strictement neutralisante. En effet, bien que chaque addition de toxine pure ait apporté simultanément, avec elle, de nouvelles quantités de ces protidés indifférents, la toxine pure successivement ajoutée n'en a pas moins été neutralisée. Il n'en eût pas été évidemment ainsi si ces protides non toxiques jouaient un rôle important dans l'absorption de l'acide salicylique; dans ce cas, ils auraient accaparé l'ion salycilique pour leur propre compte.

La toxine a donc la propriété de fixer activement une grande quantité d'acide salicylique, à coup sûr excédant fortement la dose inhibitrice. Il y a sursaturation, de la toxine par l'anticorps chimique. Cette notion peut comporter des conséquences que je ferai connaître.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur l'utilité de longues périodes d'observations de la pluie en un lieu donné.* Note de M. **E. Mathias**.

La publication des *Archives de la pluie du Puy-de-Dôme* [1] fait connaître deux belles séries d'observations, celle d'Ambert et celle du sommet du Puy de Dôme; comme on va le voir, elles sont pleines d'enseignements.

1. *Série d'Ambert.* — Elle va, sans interruption ni lacune, de janvier 1872 à fin juillet 1930. Pour pallier les variations annuelles, considérons les hauteurs de pluie H tombées pendant les *lustres* consécutifs 1872-76, 1877-81, 1882-86, etc. La partie I du tableau suivant montre que le lustre 1917-1921 accuse un déficit de 15 pour 100 par rapport à la moyenne 4262^{mm} des 9 lustres précédents, bien concordants. Le lustre suivant 1922-1926 accuse encore un déficit de 9 pour 100. Que s'est-il passé? La grande guerre a amené l'exploitation à outrance des forêts et la diminution de la pluie à Ambert en a été la conséquence. Cette déforestation nous a été confirmée par le sénateur Dr Chassaing, maire d'Ambert, et par M. J. Reynard, conservateur honoraire, qui précisa qu'on avait replanté plus d'arbres qu'on en avait coupé et que le déficit de pluie disparaîtrait dans un avenir prochain.

---

(1) E. Mathias et P. Bénac, *Bull. de l'Inst. et Observatoire de physique du globe du Puy-de-Dôme*, Mémoire n° 4, 1931, p. 1-3, Paris, Presses Universitaires de France.

I.		II.		
Lustres.	H (mm).	Lustres.	H (mm).	H — 4262.
1872-76.....	4556	1913-17.....	4543,75	+ 281,75
1877-81.....	4006	1914-18.....	4244,5	— 17,5
1882-86.....	4271	1915-19.....	4183,7	— 78,3
1887-91.....	4036	1916-20.....	4081,8	— 180,2
1892-96.....	4115	1917-21.....	3650,9	— 611,1
1897-1901...	4256	1918-22.....	3598,15	— 663,85
1902-06.....	4208,5	1919-23.....	3799,95	— 462,05
1907-11.....	4424,5	1920-24.....	3553,85	— 708,15 (min.)
1912-16.....	4484,05	1921-25.....	3597,55	— 664,45
Moy.....	4262	1922-26.....	3922,5	— 339,5
		1923-27.....	4061,15	— 200,85
1917-21.....	3650,9	1924-28.....	3994,3	— 267,7
1922-26.....	3922,5	1925-29.....	4024,6	— 237,4
		Août 25-juill. 30.	4050,3	— 211,7

Pour savoir ce qu'il en est, reprenons la question en 1913 en reculant l'origine des lustres d'année en année; on aboutit alors à la partie II du tableau précédent. Les nombres montrent que l'effet de la déforestation apparaît dès le lustre 1914-1918 et s'accroît progressivement, avec des fluctuations, jusqu'en 1920-1924, où le mal atteint son paroxysme avec un déficit de 16,6 pour 100 par rapport à la moyenne 4262^{mm}. Depuis, sauf les fluctuations des lustres 1923-1927 et 1924-1928, le mal a été constamment en diminuant, le déficit de la dernière période n'étant plus que de 5 pour 100 de la moyenne. La prévision de M. J. Reynard s'est donc complètement vérifiée.

2. *Série du sommet du Puy de Dôme.* — Celle-ci ne commence qu'en janvier 1877, mais elle continue depuis sans lacune ni arrêt. Étudions-la comme la série d'Ambert, en considérant d'abord les hauteurs totales H′ des lustres successifs; on a ainsi la partie I du tableau ci-après :

Les lustres consécutifs à partir de 1877-81, au nombre de 8, montrent, à une fluctuation près, un accroissement continu de la pluviosité jusqu'en 1912-16, à partir de quoi on voit celle-ci diminuer brusquement en 1917-21.

Comme précédemment, formons la moyenne 8557,8 des 8 premiers lustres, laquelle n'a pas grande signification ici, et considérons la partie II du tableau précédent. Les lustres qui se suivent d'année en année à partir de 1913-17 accusent une diminution continue de la différence H′ — 8557,8, laquelle, à une fluctuation près en 1918-22, *présente un minimum net en* 1920-24, *tout comme dans la série d'Ambert.* Depuis lors le déficit va en

diminuant et la pluviosité en s'élevant constamment. Le phénomène observé ici est identique à celui de la région d'Ambert et obéit aux mêmes causes.

I.		II.		
Lustres.	H'(mm).	Lustres.	H'(mm).	H'—8557,8.
1877-81.....	7105,7	1913-17.....	10173,9	+ 1616,1
1882-86.....	7720,0	1914-18.....	9687,6	+ 1119,8
1887-91.....	8396,3	1915-19.....	9509,4	+ 951,7
1892-96.....	9343,9	1916-20.....	8942,4	+ 384,5
1897-1901...	8607,0	1917-21.....	8278,4	— 279,4
1902-06.....	8009,1	1918-22.....	7814,1	— 743,7
1907-11.....	9225,9	1919-23.....	7988,4	— 589,4
1912-16.....	10053,4	1920-24.....	7324,6	— 1233,2 (min.)
Moy.....	8557,8	1921-25.....	7431,3	— 1126,5
		1922-26.....	7785,3	— 772,5
1917-21.....	8278,4	1923-27.....	8025,4	— 532,4
1922-26.....	7785,3	1924-28.....	8069,1	— 488,7
		1925-29.....	8506,1	— 51,7
		1926-30.....	9042,5	+ 484,7

3. *Conclusions.* — L'influence du déboisement et du reboisement sur la pluviosité est évidente dans ce qui précède. D'ailleurs, dans une même localité, la régularisation de la chute des eaux pluviales par les grands massifs boisés est une loi qui n'est plus discutée aujourd'hui sérieusement. Elle a été établie par des observations météorologiques dans la grande forêt domaniale de La Haye, aux environs de Nancy, par les professeurs de l'École nationale forestière, observations commencées depuis 1860 et poursuivies jusqu'à nos jours par MM. Mathieu, Fliche, Henry, etc., et par de nombreux travaux du même genre dans le monde entier.

L'identité des conclusions tirées des séries d'Ambert et du sommet du Puy de Dôme montre que, dans un grand département, deux longues séries d'observations de la pluie sont largement suffisantes pour suivre le parallélisme du reboisement et du déboisement respectivement avec l'augmentation et la diminution de la pluviosité dans la région, car le synchronisme des longues séries est parfait même quand elles proviennent, comme c'est ici le cas, de deux stations distantes de 100^{km} et dont les altitudes diffèrent de près de 900^{m}.

Pourtant on peut noter une différence très nette dans les deux séries. Ambert, entouré de forêts, au centre d'un arrondissement dont 20,5 pour 100 de la surface sont boisés, donne, de 1872 à 1917, 45 années d'une pluviosité

quasi constante, dont la moyenne est bien définie. Au contraire, le sommet du Puy de Dôme est dans une position excentrique par rapport aux massifs boisés, qui se trouvent surtout au Sud par rapport à lui, la surface boisée n'étant que de 9,35 pour 100 (¹). Or la statistique agricole entreprise en 1930 constate, d'après des documents obtenus par M. J. Reynard à la préfecture, 6156 hectares de reboisements récents dans le Puy-de-Dôme. On s'explique donc l'amélioration constante de la pluviosité indiquée par la série du sommet du Puy de Dôme, avant 1913 comme après 1924.

Pour étudier jusqu'à quel point cette série reflète la réalité, il faudrait posséder *année par année*, la statistique exacte des forêts du Puy-de-Dôme; or une telle statistique n'existe pas. Il serait hautement désirable qu'elle devînt une réalité à bref délai.

PHYSIOLOGIE. — *La fonction athrocytaire chez les Hirudinées.* Note (²) de M. **L. Cuénot**.

Lorsque, dans les vaisseaux ou la cavité du corps d'un animal bien vivant, on injecte une solution d'une matière colorante, on sait que celle-ci est captée électivement par des organes ou des cellules isolées, qui sont ainsi mis en évidence par la coloration qui leur est communiquée. Cette propriété régulatrice de la composition du sang ou du liquide cavitaire est ce que l'on a appelé la *fonction athrocytaire* (du grec ἀθροίζειν, rassembler, concentrer), qui n'est qu'un cas particulier de la fonction excrétrice.

L'expérience a montré que l'on trouvait presque partout deux types principaux d'athrocytes, reconnaissables par leurs affinités différentes vis-à-vis des couleurs injectées : le premier comprend les cellules ou organes qui éliminent électivement le carminate d'ammoniaque (exemples : chloragogues péritonéaux des Sipunculiens, néphridies des Oligochètes, cellules ciliées du rein unique des Prosobranches, cellules vésiculeuses péritonéales des Gastropodes, glande péricardiale des Bivalves, cœur branchial des Céphalopodes, organes intrabranchiaux des Crustacés Décapodes, cellules péricardiales des Insectes, etc.); le second est constitué par les cellules ou organes qui captent électivement l'indigosulfonate de sodium (néphridies des Sipunculiens et de la plupart des Mollusques, cellules vacuolaires du

(¹) J. Reynard, *Bois et forêts du Puy-de-Dôme*, Clermont-Ferrand, 1908, p. 6.

(²) Séance du 12 octobre 1931.

rein unique des Prosobranches, labyrinthe du rein des Arthropodes, tubes de Malpighi des Insectes, vésicules rénales des Tuniciers, foie des Vertébrés, etc.).

Sauf dans le cas exceptionnel où la même cellule est capable d'éliminer les deux substances à la fois (tubes contournés du rein des Vertébrés supérieurs), l'élection est si parfaite que lorsqu'on a injecté un mélange d'indigosulfonate et de carminate, chacun des deux types d'athrocytes prend très exactement l'une des substances sans la moindre trace de l'autre. La cellule athrocytaire à carminate a très généralement une réaction acide dans ses vacuoles (virage au rouge du tournesol bleu injecté), tandis que l'athrocyte à indigosulfonate a souvent, mais pas toujours, une réaction alcaline (virage au violet du vert d'iode et décoloration de la fuchsine acide rouge).

Dans le groupe des Hirudinées, on connaît avec certitude les athrocytes à carminate, dont la fonction a été déterminée par Kowalevsky [1] en 1895 : ce sont de grandes cellules logées sur les parois des lacunes vasculiformes qui s'étendent sur les côtés du corps, entre le sinus dorsal et le sinus ventral; ces éléments, que Kowalevsky a appelé *cellules acides*, éliminent électivement le carminate d'ammoniaque, le tournesol, le saccharate de fer; assez épars chez les Clepsines, ils sont, chez les Sangsues Arhynchobdellides (*Hirudo*, *Hæmopis*, *Herpobdella*), rassemblés en grand nombre dans les vaisseaux bosselés dits *tubes bothryoïdaux;* chez ces dernières, les cellules acides sont presque remplies, sauf dans leur région apicale, de grains jaunes, bruns ou noirs, peut-être de nature guaninique, qui sont très probablement des produits d'excrétion accumulés; c'est dans la partie apicale, tournée vers la lumière du vaisseau, que se trouvent les vacuoles actives colorées en rouge par le carminate ou le tournesol.

Jusqu'à présent, les athrocytes à indigosulfonate n'étaient pas connus chez les Hirudinées; Kowalevsky n'avait pu arriver à les mettre en évidence; avait constaté seulement, ce qui est exact, que les néphridies ne prennent ni le carminate ni l'indigosulfonate des injections physiologiques.

Dans le tissu conjonctif très complexe qui comble les intervalles entre la peau et les viscères, on rencontre chez les Arhynchobdellides, entre les muscles et les tubes bothryoïdaux, divers éléments cellulaires parmi lesquels les plus remarquables composent ce que Ray Lankester a appelé le *tissu vaso-fibreux:* c'est un réseau compliqué de fins tractus colorés qui par-

---

[1] A. Kowalevsky, *Études biologiques sur les Clepsines* (*Mémoires de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg*, 8e série, 5, III, paru en 1897).

courent tout l'organisme, se ramifiant, s'anastomosant fréquemment; le réseau est particulièrement serré en certains points, notamment autour du tube digestif et du sinus sanguin ventral, et s'entremêle avec les tubes bothryoïdaux, tout en restant bien distinct de ceux-ci; chaque tractus est constitué par un axe plein, de nature conjonctive, revêtu de cellules irrégulières, aplaties ou saillantes, bourrées de fins granules jaunâtres qui ressemblent beaucoup à ceux des tubes bothryoïdaux, mais qui sont probablement de nature chimique différente. Après une injection physiologique d'indigosulfonate, les cellules de revêtement du réseau vaso-fibreux se colorent nettement en bleu, la teinte étant fixée sur les granules; elles représentent donc les athrocytes à indigosulfonate.

Ces athrocytes sont particulièrement développés chez la Sangsue commune des ruisseaux, l'*Hæmopis sanguisuga* L.; on les retrouve avec une moindre extension chez l'*Hirudo medicinalis* L. et les *Herpobdella*, et ils existent probablement chez tous les Arhynchobdellides. Les Rhynchobdellides n'ont ni tubes bothryoïdaux ni tissu vaso-fibreux, mais la place de ceux-ci est tenue par des cellules homologues, éparses dans les tissus; les athrocytes à carminate sont les cellules acides de Kowalevsky; les athrocytes à indigosulfonate sont probablement les cellules, remplies de granules colorées, qui ont été signalées chez *Glossosiphonia* (cellules jaunes), *Hæmenteria* (cellules vertes ramifiées), *Pontobdella* (cellules jaune d'or), etc.; d'après Abeloos [1], le pigment qui imprègne les granules est voisin de la biliverdine.

Puisque chaque type animal doit posséder les deux systèmes athrocytaires, celui à carminate et celui à indigosulfonate, il est probable, lorsqu'on les connaîtra complètement dans les divers groupes, qu'on pourra en tirer des renseignements intéressants au point de vue phylogénique.

On peut déjà remarquer que chez les Sipunculiens, les Mollusques et les Arthropodes, l'indigosulfonate est constamment éliminé par les reins néphridiaux, tandis que le carminate est constamment absorbé par des cellules péritonéales ou conjonctives; les Annélides présentent des dispositifs inverses; chez les Oligochètes et les quelques Polychètes examinés, ce sont les néphridies qui captent le carminate, et les cellules péritonéales (chloragogues) qui prennent l'indigosulfonate. Il semble donc que la

---

(1) M. Abeloos, *Recherches histologiques et histophysiologiques sur le parenchyme et les néphridies des Hirudinées Rhynchobdelles* (*Bull. biol. France et Belgique*, 59, 1925, p. 436).

parenté, du reste indéniable, entre les deux séries ne peut être que très lointaine, ce qui est du reste d'accord avec d'autres considérations.

Si l'on compare les Hirudinées avec le groupe le plus voisin, celui des Oligochètes, auquels on les réunit souvent pour former la classe des Clitelliens, de notables différences apparaissent; chez les premières, les néphridies ont perdu leur fonction athrocytaire vis-à-vis du carminate, mais cette carence est compensée par le développement des cellules acides; les cellules du tissu vaso-fibreux, athrocytes à indigo, correspondent physiologiquement aux cellules péritonéales (chloragogues) des Oligochètes; elles ne diffèrent de ces dernières que par une situation topographique différente, conséquence de la disparition de la cavité générale.

M. **Élie Cartan** fait hommage à l'Académie d'un volume intitulé *Leçons sur la géométrie projective complexe* et s'exprime en ces termes :

Ces *Leçons*, qui constituent le fascicule X des *Cahiers scientifiques* publiés sous la direction de M. Gaston Julia, sont en partie la reproduction du cours que j'ai professé à la Sorbonne pendant le semestre d'hiver 1929-1930. Les notions fondamentales de la géométrie projective complexe y sont envisagées d'un point de vue qui dépasse en un certain sens cette géométrie et les rattache à la géométrie riemannienne. D'une manière générale je me suis efforcé de montrer sous un jour nouveau, ou tout au moins de suggérer, les nombreuses relations que le sujet traité a avec la théorie des groupes et différents domaines de la Géométrie, de l'Analyse et de l'Arithmétique.

M. **E. Jouguet** fait hommage à l'Académie d'un volume intitulé Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air. Service des Recherches de l'Aéronautique. N° I. *Recherches théoriques sur le rendement et les conditions de réalisation des systèmes motopropulseurs à réaction*, par Maurice Roy, dont il a écrit la *Préface*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Méthodes classiques d'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre*, par M. N. Saltykow (Fascicule L du *Mémorial des Sciences mathématiques*).

2° F. Marguet. *Histoire générale de la Navigation du* XVe *au* XXe *siècle*.

3° Encyclopédie mycologique. I. *Le genre Inocybe*, par Roger Heim. (Présenté par M. L. Mangin.)

4° *Les Colloïdes et l'état colloïdal*, par A. Boutaric. (Présenté par M. C. Matignon.)

5° *Cours d'Électricité théorique professé à l'École professionnelle supérieure des Postes et Télégraphes*, par J.-B. Pomey. Tome III : *T. S. F. et Câble téléphonique. — Théorie mathématique*. (Présenté par M. L. Lecornu.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur les développables de normales à une variété à n dimensions dans l'espace hilbertien.* Note (1) de M. **E. Pinte**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous nous placerons dans cette Note au même point de vue que M. G. Vitali et nous adopterons ses notations (2).

Considérons la $V_n(V)$ définie dans un espace H par une fonction de $n+1$ variables $f(t, u)$ à carré sommable par rapport à t sur un ensemble mesurable T, et ayant des dérivées continues des deux premiers ordres au moins, par rapport aux n autres variables $u_1, \ldots, u_n$. Cherchons à déterminer une normale à (V) de paramètre normal Y, fonction d'un paramètre et engendrant une développable. Représentant par $f + \varpi Y$ le point caractéristique P de la normale et posant

$$b_{ij} \equiv \int_T Y f_{i,j}\, dt,$$

(1) Séance du 12 octobre 1931.

(2) G. Vitali, *Geometria nello spazio hilbertiano* (Bologna, Zanichelli, 1929).

nous obtenons pour équations du problème

$$(1)\qquad \Sigma_i(a_{ik}-w b_{ik})\,du_i=0 \qquad (k=1,2,\ldots,n),$$

$$(2)\qquad |a_{ik}-w b_{ik}|\,du_i=0;$$

(2) est une équation séculaire. A deux solutions distinctes de (2), l'équation (1) fait correspondre deux directions rectangulaires deux à deux. On a de plus

$$(3)\qquad dY=-\frac{df}{w}=-\Sigma_{i,k,h}a^{hk}b_{ik}f_h\,du_i.$$

Substituons dans (1) une racine de (2) $w=g(u, Y)$. Prenons u_n pour variable indépendante; (1) et (3) forment un système de n équations intégro-différentielles linéaires par rapport aux n dérivées

$$\frac{dY}{du_n},\quad \frac{du_i}{du_n}\qquad (i=1,2,\ldots,n-1),$$

admettant un système unique de solutions, si l'on donne une normale initiale, arbitraire d'ailleurs, Y^0 en un point M^0 de (V).

Considérons sur une normale Y les n points Q inverses, par rapport au pied M de la normale, des n points caractéristiques P. Ces points Q sont les projections des extrémités des vecteurs de courbure normale correspondant aux n tangentes déterminées par (1). Les n tangentes liées à une normale donnée Y sont celles qui rendent extrémum la projection sur Y de leur vecteur de courbure normale [1].

La normale Y^0 fait évanouir l'équation (1) si elle est orthogonale à l'E_p (espace euclidien à p dimensions) contenant la première variété principale en M^0; dans ce cas, la tangente est indéterminée; par contre le point caractéristique P est unique. C'est que, dans ce cas, tous les vecteurs de courbure ont même projection MQ sur Y. Une telle normale peut être dite singulière.

Pour qu'en un point M les équations (1), (2) déterminent n directions rectangulaires

$$(m_1^h, \ldots, m_n^h)\qquad (h=1,2,\ldots,n),$$

indépendantes de la normale non singulière Y, il faut et il suffit que les f_i,

[1] G. Vitali, *Evolute di una qualsiasi varietà* (*Annali di Matematica*, 4e série, 8, 1930-1931, p. 163).

vérifient $\frac{n(n-1)}{2}$ relations de la forme

$$(4) \qquad \Sigma_{ij} f_{i,j} m_i^h m_j^k = 0 \qquad (h \neq k).$$

Nous appellerons n-édriques les points correspondants. En ces points le second espace principal a n dimensions et la première variété principale se réduit à un n-èdre situé dans un E_{n-1}. C'est l'extension à une V_n du cas des points d'une surface où l'ellipse de courbure se réduit à un segment de droite. Les tangentes fixes correspondent aux vecteurs de courbure normale aboutissant aux n sommets. C'est visible géométriquement : quelle que soit la normale Y, ce sont ces vecteurs qui auront sur Y la projection maximum ou minimum.

Venons à la recherche des développées [E. Pinte, *Sur les développées des courbes dans l'espace hilbertien* (*Rendiconti della R. Acc. dei Lincei*, 14, sett. 1931)]. Nous dirons qu'une V_n(V) admet une développée (D), si l'on peut attacher à chaque point M de (V) une normale Y qui soit tangente simultanément aux n nappes d'une V_n ou à nV_n distinctes; nous dirons que ce sont les n nappes de la développée. La condition nécessaire et suffisante pour qu'une V_n admette une développée est que tous ses points soient n-édriques. C'est aussi la condition nécessaire et suffisante pour que l'équation aux différentielles totales (3) soit complètement intégrable. (V) possède dans ce cas n familles (à $n-1$ paramètres) de lignes de courbure orthogonales. Chaque normale Y^0 choisie arbitrairement en un point M^0 détermine une famille de normales à n paramètres, qui est solution, c'est-à-dire touche les n nappes d'une développée (D). Si sur chacune de ces normales on porte à partir de M une longueur constante, on obtient une nouvelle V_n admettant la même famille de normales et par suite la même développée (D). Chaque nappe est le lieu d'une famille à $n-1$ paramètres de développées des lignes de courbure d'une famille. Ces développées sont des géodésiques de la nappe considérée.

Les surfaces, c'est-à-dire les V_2 qui admettent des développées, sont celles de la classe C de M. Tonolo [1]. Chaque nappe focale est une surface ayant un réseau conjugué dont l'une des familles de courbes est formée de géodésiques. Réciproquement les tangentes aux géodésiques d'un tel réseau forment une famille de normales à deux paramètres.

---

[1] *Classificazione delle superficie dello spazio hilbertiano, il cui spazio 2-tangente è a quattro dimensioni* (*Atti d. R. Acc. dei Lincei*, 9, 7 avril, 21 avril, 5 mai 1929, p. 598, 713, 853).

GÉOMÉTRIE. — *Sur les hypercirconférences et certaines surfaces paraboliques dans l'espace euclidien à quatre dimensions.* Note [1] de M. **O. Borůvka**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans l'espace euclidien à quatre dimensions j'appelle *hypercirconférences* (hces) les courbes dont les trois courbures scalaires sont constantes, non nulles. Ces courbes jouissent de propriétés géométriques intégrales simples qui rappellent les propriétés banales des circonférences.

Soit Γ une hce quelconque. On a en particulier les résultats suivants [2] :

1. En un point P quelconque de Γ, appelons *plan normal* (*tangent*) le plan déterminé par la première et la troisième normale (par la tangente et la seconde normale) de Γ au point P. Tous les plans normaux de Γ passent par un point fixe (le *centre* de l'hce), duquel tous les points de la courbe sont à la même distance. Étant donnés, sur Γ, deux points P, P' en position générale, les plans normaux (tangents) de la courbe en P et P' se coupent dans un seul point. Le plan normal de Γ, pris au milieu de l'arc $\widehat{PP'}$, contient le centre de la sécante $\overline{PP'}$ ainsi que le point d'intersection des deux plans tangents en P et P'. Les deux angles que fait une sécante arbitraire de Γ avec les plans tangents à ses extrémités sont égaux. Γ admet un groupe de ∞^1 déplacements en elle-même, consistant en rotations autour de deux plans orthogonaux fixes qui passent par le centre de l'hce (*plans axiaux* de l'hce). Les plans normaux aux différents points de Γ sont tous perpendiculaires aux plans axiaux.

2. En un point P quelconque de Γ, appelons directions axiales du plan normal les directions des deux droites d'intersection du plan normal au point P avec les plans axiaux de Γ. Appelons *surface associée* ($\mathcal{G}$) à Γ la surface réglée qui se trouve engendrée par les droites passant par les différents points de Γ de manière que la direction de la droite passant par un point P de Γ soit la direction axiale du plan normal de Γ en P, toujours parallèle à un des plans axiaux fixé une fois pour toutes. Il y a donc deux surfaces associées à Γ. Au sujet des surfaces en question, signalons les

(1) Séance du 12 octobre 1931.

(2) On trouvera les démonstrations ainsi que d'autres résultats à ce sujet dans un autre Recueil.

résultats suivants. Le groupe de déplacements de Γ en elle-même conserve la surface. Les trajectoires de ce groupe sur $(\mathcal{G})$ sont formées par une famille simple de hces et par une circonférence privilégiée.

Dans la correspondance ponctuelle, engendrée entre les différentes trajectoires sur $(\mathcal{G})$ par les génératrices de la surface, deux points correspondants quelconques de deux trajectoires fixes ont la même distance. $(\mathcal{G})$ est une surface parabolique spéciale telle que l'indicatrice de courbure normale, en chaque point P de $(\mathcal{G})$, a un de ses sommets en P et le rapport des longueurs de ses axes est le même en chaque point de la surface. Le produit de tels rapports pour deux surfaces associées à la même hce est toujours égal à 4.

3. On peut déterminer toutes les surfaces, dans l'espace considéré, qui jouissent de la propriété que, en chaque point P de la surface, l'indicatrice de courbure normale a un de ses sommets en P et le rapport k des longueurs de ses axes est le même pour toute la surface. Les surfaces associées aux hces, jouissant de cette propriété, sont caractérisées parmi les autres par l'inégalité $k \neq 2$. Il y a, en outre, deux familles différentes de surfaces en question pour lesquelles $k = 2$. Les unes sont réglées et peuvent être considérées comme un cas limite des surfaces précédentes. Quant aux autres, elles admettent la génération géométrique suivante. On prend dans l'espace un point fixe O et une courbe, non hce, appartenant à l'espace considéré et jouissant, en chaque point, des trois propriétés suivantes : 1° la première normale de la courbe fait avec le rayon vecteur $\mathbf{n}$, issu du point O, un angle constant, non nul; 2° la deuxième normale de la courbe est normale au rayon vecteur $\mathbf{n}$; 3° la première et la troisième courbure scalaire de la courbe sont égales. En un point P quelconque de la courbe, on considère la première normale et le plan passant par cette normale et le point fixe O; dans ce plan on construit la spirale logarithmique qui a son pôle au point O, passe par P et y est tangente à la normale considérée. La surface est le lieu des spirales logarithmiques ainsi associées aux différents points de la courbe en question.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation différentielle de l'électrotechnique*. Note [1] de M. **F. Tricomi**.

Dans la théorie des machines électriques synchrones se présente l'équation différentielle

$$\frac{d^2y}{dt^2} + \mathrm{M}\frac{dy}{dt} + \mathrm{N}\sin y + \mathrm{P} = 0, \tag{1}$$

M, N et P étant des constantes positives, dont il faut surtout chercher les solutions, s'il y en a, qui soient la somme d'un terme linéaire et d'un terme périodique dans le temps t.

En posant

$$x = \sqrt{2\mathrm{N}}\,t, \qquad z = \frac{dy}{dx}, \qquad \alpha = \frac{2\mathrm{M}}{\sqrt{2\mathrm{N}}}, \qquad \beta = \frac{\mathrm{P}}{\mathrm{N}},$$

le problème se ramène à la détermination des solutions périodiques, de période 2π, de l'équation du premier ordre

$$\frac{dz}{dy} + \alpha z + \beta + \sin y = 0, \tag{2}$$

c'est-à-dire des intégrales $z = \mathrm{Z}(y)$ de l'équation, satisfaisant à la condition

$$\mathrm{Z}(y_0 + 2\pi) = \mathrm{Z}(y_0);$$

détermination qu'on peut effectuer en cherchant deux intégrales particulières $z_1(y)$ et $z_2(y)$ telles que

$$z_1(y_0 + 2\pi) \leqq z_1(y_0), \qquad z_2(y_0 + 2\pi) \geqq z_2(y_0).$$

On trouve ainsi que, si $\beta > 1$, l'équation (2) a toujours une et une seule solution périodique. Au contraire, si $\beta \leqq 1$, pour que la solution périodique existe, il faut et il suffit que α soit $\leqq \alpha_0$, α_0 étant une valeur particulière du paramètre α, défini par une certaine propriété caractéristique d'une des courbes intégrales de l'équation et dont le carré est compris entre les limites

$$\frac{2\sin^2\theta}{\pi(\pi\cos\theta + \sin\theta)} < \alpha_0^2 < \frac{1 + \sin\theta}{\pi/2 - \theta} \qquad \left(0 < \theta = \arc\sin\beta \leqq \frac{\pi}{2}\right).$$

De plus il est à remarquer qu'à la solution périodique sont asymptotiques (pour $y \to -\infty$) une infinité d'autres solutions de l'équation (2).

---

[1] Séance du 27 juillet 1931.

Lorsque la solution périodique $z = Z(y)$ de l'équation (2) existe, l'équation (1) a la solution du type cherché :

$$y = -bt + \varphi(t) + \text{const.} \tag{3}$$

où la constante positive b est donnée par la formule

$$b = -\frac{1}{2\pi\sqrt{2N}} \int_0^{2\pi} \frac{dy}{Z(y)},$$

et où φ est une fonction périodique, de période $2\pi/b$, que peut se déterminer aisément au moyen de l'équation

$$t - t_0 = \frac{1}{\sqrt{2N}} \int_0^y \frac{dy}{Z(y)}.$$

Au point de vue électrotechnique il est particulièrement intéressant de déterminer, en correspondance avec la solution (3), la valeur moyenne μ de $\sin y$ par rapport au temps, dans une période $2\pi/b$. On trouve pour cet objet la formule

$$\mu = \frac{Mb - P}{N},$$

dont, étant $b < P/M$, résulte le fait important que μ est *toujours négatif*.

Pour la détermination effective de la solution périodique $Z(y)$ de l'équation (2), on peut suivre soit une méthode graphique, soit une méthode numérique d'approximations successives fondée sur la remarque que la valeur moyenne de $Z(y)$ dans un intervalle 2π est égale à $-\beta/\alpha$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une généralisation du problème de Monge.* Note de M. G. **Cerf**, présentée par M. Goursat.

Dans des travaux récents [1] M. Goursat a étudié une classe d'équations généralisant l'équation de Monge, en prenant, en dernier lieu, comme point de départ, la discussion du problème de Cauchy relatif à une équation aux dérivées partielles du premier ordre. Cette classe d'équations, ainsi que des systèmes d'équations jouissant de propriétés semblables, se pré-

---

[1] E. Goursat, *Bull. des Sc. math.*, 52, 1928, p. 397; 53, 1929, p. 196; *Ann. de la Fac. des Sc. de Toulouse*, 3e série, 22, 1930, p. 249; *Ann. de l'École Norm. sup.*, 3e série, 47, 1930, p. 325.

sentent aussi dans une étude que j'ai commencée dans un travail antérieur [1] : les équations en question s'obtiennent par l'élimination des paramètres entre les équations des systèmes de Pfaff considérés. Mais on peut aussi procéder autrement, par une méthode qui n'est, au fond, que la généralisation de celle qu'employa Lie dans le dernier Mémoire qu'il a publié [2], et qui consiste à se placer au point de vue des transformations de contact. C'est ce que j'ai l'intention d'indiquer ici, en me plaçant, pour simplifier, dans l'espace à quatre dimensions, en laissant de côté, systématiquement, ce qui a trait aux équations d'ordre supérieur au premier.

I. Considérons d'abord une transformation de contact, T, à une équation directrice, entre deux espaces à quatre dimensions : (e) et (E); à tout point p de (e) correspond une M_3 de (E); à tout point P de (E) correspond une m_3 de (e); à T se trouvent associées, en général, deux équations aux dérivées partielles du premier ordre : ε dans (e), $\mathcal{E}$ dans (E); les intégrales de ces deux équations se correspondent, en général, une à une, de telle façon que chacune est osculatrice aux multiplicités répondant aux points de l'autre; le sens du mot osculatrice a besoin d'être précisé. Le cône caractéristique de ε, par exemple, est associé à une équation de Monge ordinaire dont les intégrales définissent des familles de $\infty^1 M_3$ particulières, quant à la façon dont elles sont enveloppées.

Une famille de $\infty^2 M_3$ correspond à une variété à deux dimensions de (e); en étudiant l'enveloppe de cette famille, on met en évidence des variétés de (e), à deux dimensions, intégrales d'une équation de Monge généralisée, φ, considérée par M. Goursat. Dans (E), les enveloppes envisagées sont à deux dimensions, avec un contact de nature particulière; elles sont les intégrales d'une équation de Monge généralisée, Φ; la relation entre φ et Φ est réciproque.

En poussant plus loin la discussion, on est conduit à associer à φ et Φ une nouvelle équation de même nature; on obtient ainsi deux systèmes de deux équations de Monge généralisées dont les intégrales se correspondent.

II. Dans ce qui précède, nous avons supposé que les équations $(\mathcal{E})$ et $\mathcal{E}$ sont quelconques. Mais il peut se faire que l'une d'elles soit quasi linéaire, c'est-à-dire qu'au lieu d'admettre ∞^5 courbes caractéristiques elle en admette ∞^4, alors le système de Monge généralisé relatif à cette équation

---

[1] G. Cerf, *Ann. de l'École Norm. sup.*, 3e série, 44, 1927, p. 317.

[2] S. Lie, *Berichte über Verhandl. der k. s. Gesellsch. der Wiss. zu Leipzig*, 50, 1898, p. 113.

admet comme solutions les intégrales à deux dimensions de celle-ci. Ce cas a, d'ailleurs, été discuté par Lie; mais des circonstances semblables se présentent dans les espaces à plus de quatre dimensions, avec des possibilités plus variées.

III. Certains des résultats précédents ont une interprétation géométrique simple quand on les étudie à partir d'une transformation de contact à deux équations directrices; il s'agit d'un cas particulier de la théorie des enveloppes d'une famille de $\infty^2 V_2$, où chaque V_2 de la famille est rencontrée de la même façon, au deuxième ordre près, par toutes celles qui lui sont infiniment voisines; les deux systèmes de Monge apparaissent ainsi, avec une méthode de transformation qui permet de passer de l'un à l'autre, et pour chacun d'eux, une double interprétation, réciproque, analogue à celle qui se présente dans l'espace ordinaire pour les transformations de contact définies par deux équations directrices.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les solutions fondamentales de l'équation n-métaharmonique*. Note de M. **M. Ghermanesco**, présentée par M. Goursat.

Soit D un domaine de l'espace à p dimensions, limité par une ou plusieurs hypersurfaces fermées, formant la frontière F du domaine. Considérons l'équation aux dérivées partielles du $2n^{\text{ième}}$ ordre ([1])

$$(1) \qquad \mathcal{D}_n(u) = \Delta^n u + \lambda_1 \Delta^{n-1} u + \lambda_2 \Delta^{n-2} u + \ldots + \lambda_n u = 0.$$

Les solutions fondamentales de cette équation peuvent être obtenues, dans ce cas particulier, par une voie toute différente de celle qui a été suivie dans le cas général de l'équation linéaire du type elliptique, par d'autres auteurs, notamment E. E. Levi ([2]) et M. M. Gevrey (*Journal de Mathématiques*, 1930, et *Comptes rendus*, 173, 175, 177). Si r désigne la distance des deux points M et P du domaine D, dont l'un est fixe et l'autre quelconque, nous avons trouvé que l'équation (1) admet n solutions fondamentales de la forme

$$(\text{A}) \qquad v_i = \text{U}_i r^{2-p} + \text{V}_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

([1]) Voir aussi *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 107.

([2]) *Rendiconti del Circolo mat. di Palermo*, 24, 1907, p. 275 et suiv.

U_i, V_i étant des fonctions de la distance r seulement, finies et ayant d'ailleurs des valeurs données à l'avance, au point M.

On trouve dans ces conditions, en posant $r^2 = 4\rho$,

$$\Delta^k v = \frac{d^k}{d\rho^k}\left[\rho^{k-\frac{p}{2}+1}\frac{d^k}{d\rho^k}\left(\rho^{\frac{p}{2}-1}v\right)\right] = \mathcal{B}_k(v),$$

les v sont donc des solutions de l'équation différentielle

$$(2)\qquad \mathcal{B}_n(v) + \lambda_1\mathcal{B}_{n-1}(v) + \ldots + \lambda_{n-1}\mathcal{B}_1(v) + \lambda_n V = 0,$$

que nous avons déjà considérée dans notre Note antérieure et qu'on peut intégrer à l'aide de la fonction de Bessel.

Nous aurons plusieurs cas à distinguer :

1° *L'équation*

$$(3)\qquad X^n + \lambda_1 X^{n-1} + \lambda_2 X^{n-2} + \ldots + \lambda_n = 0$$

a toutes ses racines α_i distinctes.

a. Si p est impair, les n solutions fondamentales sont données par la formule

$$(\alpha)\qquad v_i = C_i J\left(\frac{p}{2}, \alpha_i\rho\right) + C'_i(\alpha_i\rho)^{1-\frac{p}{2}} J\left(2-\frac{p}{2}, \alpha_i\rho\right) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

dans laquelle les C_i et C'_i sont des constantes qu'on détermine par une condition locale au point M. Les v_i sont bien de la forme (A).

b. Si p est pair, les n solutions fondamentales sont données par la formule

$$(\beta)\quad v_i = C_i J\left(\frac{p}{2}, \alpha_i\rho\right) + C'_i \left\{ \sum_{k=0}^{\frac{p}{2}-2} \Gamma\left(\frac{p}{2}-k-1\right)(\alpha_i\rho)^{k+1-\frac{p}{2}} + \sum_0^\infty \frac{(\alpha_i\rho)^k}{\Gamma\left(k+\frac{p}{2}\right)}\left[2\log(\alpha_i\rho) - \frac{\Gamma'(k+1)}{\Gamma(k+1)} - \frac{\Gamma'\left(k+\frac{p}{2}\right)}{\Gamma\left(k+\frac{p}{2}\right)}\right]\right\}$$

qui sont aussi de la forme (A).

2° *Si l'équation* (3) *a des racines multiples, les solutions fondamentales sont données par la formule*

$$(\mu)\qquad v'_i = \frac{\partial^k v_i}{d\alpha_i^k} \qquad (k = 0, 1, 2, \ldots, m-1);$$

m étant l'ordre de multiplicité de la racine α_i et v_i étant donné par (α)

ou (β), suivant les cas a et b. On voit aisément que les v'_i sont encore de la forme (A), annoncée au début.

On démontre encore que, réciproquement, si l'équation (2) admet des solutions de la forme (A), l'équation (3) a nécessairement des racines multiples.

La connaissance des solutions fondamentales permet la détermination aisée des n fonctions de Green pour l'équation (1), en suivant, soit une méthode analogue à celle employée par M. M. Gevrey (*loc. cit.*), soit une méthode que j'étudierai ultérieurement.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la méthode du balayage et le potentiel conducteur d'un ensemble.* Note de M. **Florin Vasilesco**, présentée par M. Hadamard.

Dans son Mémoire fondamental sur le *balayage* [1], Poincaré se propose de trouver la fonction potentielle d'un conducteur, constante et égale à l'unité à l'intérieur de celui-ci. C'est à cette fonction (qu'on appelle aujourd'hui *potentiel-conducteur*) que se ramène la solution du problème de Dirichlet pour le conducteur. La méthode du balayage donne ce potentiel comme la limite d'une suite décroissante de potentiels non conducteurs obtenus par les balayages successifs de certaines sphères S_i (toutes extérieures au conducteur, et telles que tout point également extérieur soit contenu dans une au moins de ces sphères), rangées en une suite $\{S_i\}$ où chacune d'elles figure une infinité de fois.

Poincaré ne s'attarde pas à chercher si l'on obtient la même fonction quelles que soient les sphères utilisées, satisfaisant à ces conditions, ou quel que soit l'ordre dans lequel on fait les balayages successifs. Il n'en a pas besoin, parce qu'il ne considérera que des conducteurs pour lesquels cette fonction tend vers l'unité lorsqu'on s'approche d'eux. Comme, d'ailleurs, cette fonction est nulle à l'infini, elle est aussi unique.

Mais on peut remarquer que cette méthode ne suppose guère que l'on ait affaire à un véritable conducteur. Il suffit que l'on considère un *ensemble borné et fermé*. En ce cas, il y a lieu de prouver l'unicité de la fonction limite.

---

(1) *Sur les équations aux dérivées partielles de la Physique mathématique* (*Amer. Journ. of Math.*, 12, 1890, p. 211).

On peut montrer que :

I. *La fonction obtenue par les balayages successifs d'un nombre fini, donc aussi d'une infinité* [1], *de sphères quelconques extérieures à un tel ensemble* E *est supérieure ou égale à celle donnée par les balayages des sphères de la suite* $\{S_i\}$ *pour* E, *que nous désignerons par* V.

Il en résulte que :

Les balayages des sphères de deux suites quelconques $\{S_i\}$ *et* $\{S'_i\}$ *pour* E *conduisent à la même fonction limite*, car on peut renverser le rôle de ces suites. En particulier, on peut faire les balayages des sphères dans n'importe quel ordre, pourvu que chacune d'elles soit balayée une infinité de fois.

Comme on l'a dit plus haut, Poincaré démontre que la fonction V, pour un conducteur, tend vers l'unité lorsqu'on s'approche d'un point (qu'on appelle alors *régulier*) de ce conducteur, pourvu qu'on puisse tracer à l'intérieur de celui-ci une sphère tangente en ce point, ou un cône circulaire droit ayant ce point pour sommet (si tous ses points sont réguliers, le conducteur est dit *régulier*). Ceci reste vrai si l'on remplace le conducteur par un *ensemble*, formé de plusieurs conducteurs (en nombre fini).

Considérons alors une suite de tels ensembles σ_n de conducteurs réguliers tendant, en se resserrant, vers E et appelons $\{S_i^n\}$ une suite de sphères servant aux balayages pour σ_n, qui déterminent le potentiel conducteur V_n de σ_n. On peut faire en sorte que les sphères S_i^{n+1} contiennent parmi elles les sphères S_i^n. L'ensemble de toutes les sphères S_i^n (quel que soit n) peut servir au balayage pour E. En vertu de la proposition I, on conclut que V est inférieure à V_n, qui est inférieure aux fonctions $V_1, V_2, \ldots, V_{n-i}$. Donc, V est inférieure à v, limite des V_n. Mais si l'on considère un nombre fini des sphères qui servent au balayage pour E, elles font partie d'une certaine suite $\{S_i^n\}$. Il en résulte que V est supérieure à v. Donc $V = v$. *La méthode du balayage conduit ainsi à la définition du potentiel conducteur d'un ensemble, donnée par Wiener* [2].

On peut se demander alors comment on pourrait trouver, pour le cas d'un ensemble, des procédés analogues à ceux rappelés ci-dessus, servant à établir que le potentiel conducteur d'un ensemble tend vers l'unité lorsqu'on

---

(1) Puisque chaque balayage diminue, ou conserve inchangée, la fonction résultée du balayage précédent, et que, par conséquent, il y a une fonction limite.

(2) *Certain notions in potentiel theory* (*Journ. of Math. and Phys. of the Mass. Inst. of Tech.*, 3, 1924, p. 26).

s'approche d'un de ses points réguliers. On peut extraire de ces procédés les critères généraux suivants :

Un point de l'ensemble considéré est régulier, si cet ensemble en contient un autre ayant ce point comme point régulier (1).

Ce critère a déjà été utilisé fréquemment, surtout lorsqu'il s'était agi de domaines. Par contre, il semble qu'on n'ait pas tiré le parti qu'il convient du procédé des ellipsoïdes qu'a utilisé Poincaré pour montrer la régularité des points coniques. Ce procédé permet d'énoncer ce critère :

Un point P *d'un ensemble* E *est régulier si, pour toute suite de points* P_i (*extérieurs à l'ensemble*) *tendant vers* P, *on peut trouver des ensembles* E_i, *faisant partie de* E, *tels que le potentiel de* E_i *en* P_i *tende vers l'unité.*

Il faut évidemment pour cela que la plus courte distance de P à E_i tende vers zéro. C'est pourquoi, il peut être commode pour l'application de ce critère, d'opérer, comme fait Poincaré, une homothétie de centre P, qui, ramenant les points P_i à distance finie de P (bornée inférieurement), pourrait faciliter la recherche des ensembles E_i. Une homothétie ne change pas le potentiel aux points homologues.

MÉCANIQUE QUANTIQUE. — *Intégrales premières de l'équation de Dirac.* Note de M. **Al. Proca**, présentée par M. Élie Cartan.

L'hamiltonien d'un électron de Dirac, dans le cas de l'absence de champ, est

$$H = c(\alpha_1 p_1 + \alpha_2 p_2 + \alpha_3 p_3 + \alpha_4 mc) \tag{1}$$

où

$$\alpha_r \alpha_s + \alpha_s \alpha_r = 2\delta_{rs}$$

et p_1, p_2, p_3 désignent les composantes de la quantité de mouvement. La dérivée d'un opérateur quelconque étant donnée par

$$\varkappa\dot{\xi} = H\xi - \xi H, \qquad \varkappa = \frac{h}{2\pi i}, \tag{2}$$

une intégrale première est définie comme en mécanique classique, par la condition $\xi = \text{const.}$

---

(1) D'après la proposition I, le potentiel conducteur d'un ensemble est, en effet, supérieur (ou égal) à celui d'une de ses parties.

On trouve en mécanique quantique l'analogue des intégrales connues de la mécanique newtonienne du point matériel : l'intégrale de l'énergie

$$H = \text{const.}, \tag{3}$$

les intégrales de la quantité de mouvement

$$p_k = \text{const.} \tag{3'}$$

et les intégrales du moment de cette quantité de mouvement

$$\left\{\begin{aligned} &x_1 p_2 - x_2 p_1 + \frac{\varkappa}{2}\alpha_1\alpha_2 = \text{const.},\\ &x_2 p_3 - x_3 p_2 + \frac{\varkappa}{2}\alpha_2\alpha_3 = \text{const.},\\ &x_3 p_1 - x_1 p_3 + \frac{\varkappa}{2}\alpha_3\alpha_1 = \text{const.}, \end{aligned}\right. \tag{4}$$

qu'on peut écrire, en utilisant la notation vectorielle et en posant

$$is_1 = \alpha_2\alpha_3, \qquad is_2 = \alpha_3\alpha_1, \qquad is_3 = \alpha_1\alpha_2, \tag{5}$$

$$[\bar{x} \times \bar{p}] + \frac{\varkappa}{2i}\bar{s} = \text{const.}; \tag{4'}$$

$\bar{s}$ correspond au spin et (4') prouve que le moment cinétique se conserve si l'on y ajoute $\bar{s}$.

Or (3), (3') *et* (4) *ne sont pas les seules intégrales premières simples du problème*. L'électron de Dirac diffère de l'électron classique et ces différences se manifestent entre autres par l'existence de théorèmes de conservation distincts des précédents, auxquels conduisent *de nouvelles intégrales premières*. Posons par exemple

$$R_1 = \alpha_2\alpha_3\alpha_4, \qquad R_2 = -\alpha_3\alpha_4\alpha_1, \qquad R_3 = \alpha_4\alpha_1\alpha_2. \tag{6}$$

On vérifie facilement que les R_1, R_2, R_3 se transforment comme les composantes d'un vecteur. Cela étant, les expressions

$$\left\{\begin{aligned} &R_1 p_2 - R_2 p_1 = \text{const.},\\ &R_2 p_3 - R_3 p_2 = \text{const.},\\ &R_3 p_1 - R_1 p_3 = \text{const.}, \end{aligned}\right. \tag{7}$$

ou, vectoriellement,

$$[\bar{R} \times \bar{p}] = \text{const.}, \tag{7'}$$

sont des intégrales premières du mouvement d'un électron libre.

La relation du vecteur $\overline{R}$ avec le spin $\bar{s}$ est très simple; on a

$$iR = \alpha_4 \bar{s}. \tag{8}$$

De plus, si l'on pose

$$\tau = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4,$$

on peut écrire

$$R_k = \tau \alpha_k \qquad (k = 1, 2, 3). \tag{9}$$

Les relations (7) se démontrent immédiatement si l'on tient compte que

$$\begin{cases} \varkappa \dot{R}_1 = 2cp_1\tau, \\ \varkappa \dot{R}_2 = 2cp_2\tau, \\ \varkappa \dot{R}_3 = 2cp_3\tau \end{cases} \tag{10}$$

et que

$$\dot{p}_k = 0.$$

En remplaçant (8) dans (7) les nouvelles intégrales prennent la forme

$$[\bar{s} \times \bar{p}] = \alpha_4 . \text{const.} = \alpha_4 \bar{\nu}, \tag{11}$$

ν étant un opérateur constant, forme sous laquelle on voit clairement qu'elles ne sont pas une conséquence de (3) et (4); on a entre elles, cependant, la relation

$$p_1\nu_1 + p_2\nu_2 + p_3\nu_3 = (\bar{p}\bar{\nu}) = 0. \tag{12}$$

En tenant compte du fait que

$$\varkappa \dot{\tau} = 2H\tau,$$

les équations (10) s'intègrent facilement et donnent

$$R_k = \varpi_k - cp_1\tau_0 H^{-1} e^{-\frac{2H}{\varkappa}t}, \tag{13}$$

ϖ_k et τ_0 étant des opérateurs constants.

Le problème que nous traitons est de la catégorie de ceux qu'il suffit de poser pour résoudre. Il n'est pas difficile d'écrire les autres intégrales premières indépendantes de l'équation de Dirac et d'en dresser une liste complète, qui nous permette d'étudier un aspect de la différence qu'il y a entre un électron de Dirac et un électron ordinaire. Nous nous arrêterons pour l'instant sur la relation (7') qui présente un intérêt particulier.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les différentes formes de mouvements pouvant être reproduites par le procédé des filets colorés entre deux surfaces, parallèles ou non, suffisamment rapprochées.* Note de M. **D. Riabouchinsky.**

En introduisant des bulles d'air dans un petit tunnel hydraulique à parois en verre et en projetant le mouvement sur un écran, Hele Shaw (1) a constaté que l'air rendait plus ou moins opaque toute la masse fluide, à l'exclusion d'une mince couche dans le voisinage immédiat des parois. La projection de cette couche limite apparaît, sur l'écran et les photographies, sous la forme d'une ligne brillante dessinant le contour de l'obstacle placé dans le courant. Pour expliquer ce phénomène Hele Shaw admit que le mouvement est tourbillonnaire au dehors de la couche limite, mais *irrotationnel* dans cette dernière. Guidé par cette hypothèse, dans le but d'obtenir des figurations de mouvements irrotationnels, il rapprocha les parois du tunnel à une distance de l'ordre de grandeur de l'épaisseur apparente de la couche limite et, en utilisant des filets colorés, aboutit effectivement à des figurations reproduisant fidèlement le mouvement d'un fluide parfait dérivant d'un potentiel uniforme. On est donc redevable à Hele Shaw de deux découvertes importantes : celle de la couche limite et de la méthode rappelée ci-dessus; mais, pour ceux qui s'intéressent au processus de l'invention scientifique, le désaccord entre l'hypothèse qui suggéra cette seconde découverte et le fait que dans la couche limite le mouvement d'un fluide réel est toujours rotationnel, comme l'avait déjà démontré Boussinesq (2), mérite d'être mentionné. Dans la théorie rationnelle des expériences de Hele Shaw, donnée peu après par Stokes (*Brit. Ass. Rep.*, 1898, p. 143), les équations de Navier sont ramenées à la forme

$$(1)\qquad u'=-\frac{h^2}{3\mu}\frac{\partial p}{\partial x},\qquad v'=-\frac{h^2}{3\mu}\frac{\partial p}{\partial y},$$

$2h$ étant la distance, supposée constante, entre les deux glaces et (u', v') la vitesse moyenne le long des segments $2h$; ce n'est donc que cette vitesse moyenne qui dérive d'un potentiel.

(1) *Trans. Inst. Nav. Arch.*, 40, 1898, p. 21.
(2) *Comptes rendus*, 90, 1880, p. 516.

J'ai démontré (¹) qu'on pouvait reproduire des mouvements irrotationnels multiformes en diminuant, le long des coupures, le passage libre entre les deux glaces (²). Cette remarque a trouvé une confirmation dans les recherches de Mme V. Popovitch-Schneider (³), qui ont apporté un complément important à celles de Hele Shaw.

Pour reproduire certains mouvements discontinus, tourbillonnaires, cycliques, on peut utiliser des *barrières réduites*, sous la forme de lamelles ou de *trous* ne se prolongeant pas jusqu'aux parois du tunnel. Par exemple, si, le long d'un segment de ligne, la composante tangentielle de la vitesse subit un saut brusque, tandis que la composante normale varie d'une façon continue, on peut, en utilisant les formules que j'avais obtenues, calculer la forme de la barrière permettant de reproduire ce mouvement. Le potentiel complexe de pareils mouvements s'obtiendra en ajoutant un terme xu_0 au potentiel du mouvement absolu déterminé par le déplacement, à une vitesse u_1, du segment de ligne (ou du contour) considéré, $u_0 \neq - u_1$. En cherchant à atténuer les *cassures* des filets colorés traversant une barrière dont la forme, qu'on n'aurait pas calculée préalablement, serait modifiée *a posteriori* par retouches successives, on pourrait reproduire approximativement des mouvements cycliques continus, sans connaître le potentiel complexe correspondant.

Supposons maintenant que la distance $2h$ entre les deux glaces est fonction des coordonnées x, y et que les dérivées partielles de h, prises par rapport à ces coordonnées, sont de l'ordre de grandeur de h, sauf, peut-être, sur certaines lignes critiques le long desquelles h peut varier brusquement. En transformant les équations de Navier, on retrouve les équations (1), mais h n'y est plus une constante. En introduisant la fonction de courant ψ et en nommant U le potentiel des forces extérieures, on peut écrire

$$(2) \qquad u' = -\frac{h^2}{3\mu}\frac{\partial p'}{\partial x} = \frac{1}{h}\frac{\partial \psi}{\partial y}, \qquad v' = -\frac{h^2}{3\mu}\frac{\partial p'}{\partial y} = -\frac{1}{h}\frac{\partial \psi}{\partial x}, \qquad p' = p - U.$$

(¹) *C. R. du Vᵉ Congrès de la Navigation aérienne*, Section B (La Haye, 1930), p. 509.

(²) Si l'on trace la coupure du côté de l'obstacle où la vitesse est maxima, il faut, au contraire, *augmenter* le passage libre entre les parois. La formule déterminant dans ce cas la largeur ε de la *barrière* en fonction de la circulation c, de la vitesse u le long de la coupure, de la distance $2h$ entre les parois et de l'évasement $2l$ de la barrière, peut s'écrire : $cl^3 = \varepsilon u(l^3 - h^3)$.

(³) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1703.

Posons $h^3 = a^2 y$, $3\mu\varphi = -a^2 p'$, où a est une constante déterminant la distance maxima entre les parois du tunnel, et transformons les équations (2) comme suit :

$$(3) \qquad u = \frac{a^2}{h^2} u' = \frac{\partial\varphi}{\partial x} = \frac{1}{y}\frac{\partial\psi}{\partial y}, \qquad v = \frac{a^2}{h^2} v' = \frac{\partial\varphi}{\partial y} = -\frac{1}{y}\frac{\partial\psi}{\partial x}.$$

Ces équations font voir que si la distance entre les parois du tunnel varie selon la loi $h^3 = a^2 y$ et la répartition des ouvertures, déterminant la position initiale des filets colorés, vérifie la relation $y_n^2 N = L^2 n$, où y_n est la distance de la $n^{\text{ième}}$ ouverture de l'axe de symétrie, $2L$ la largeur totale du tunnel et $2N - 1$ le nombre de toutes les ouvertures, les figurations qu'on obtiendra reproduiront le mouvement (u, v) dans un plan coupant l'axe de symétrie d'un solide de révolution placé dans un courant ; la distance entre les filets colorés, qu'il y aura avantage de prendre très fins, est caractérisée, dans le mouvement irrotationnel (u, v), par la condition

$$\psi_n - \psi_{n-1} = \text{const.} \qquad (n = 1, 2, \ldots, N).$$

Le mouvement effectif moyen (u', v') est, dans ce cas, rotationnel.

Il est aussi possible, en généralisant la méthode qui vient d'être exposée, de l'appliquer aux expériences de M. F. Prazil relatives à la couche limite dans le cas d'une seule glace [1] et aux équations du mouvement d'un fluide compressible.

ASTRONOMIE. — *Mesures de l'énergie photochimique de la Lune obtenues pendant l'éclipse totale du* 26 *septembre* 1931. Note de M. **G. Blum**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nous nous sommes proposé d'évaluer le rapport de l'énergie photochimique de la Lune pendant la totalité et après l'éclipse par la comparaison de photographies lunaires faites sur un même cliché.

Afin d'utiliser une plus grande variété de radiations, nous avons employé une plaque Lumière orthochromatique antihalo $6\frac{1}{2} \times 9$, marque Aviator, ces plaques ayant une sensibilité assez étendue dans le vert et le jaune.

Les photographies ont été prises à l'Observatoire de Paris, avec un

---

[1] *C. R. du IIe Congrès international de Mécanique appliquée* (Zurich, 1926), p. 474.

objectif de 57^{mm} d'ouverture et $0^m,25$ de distance focale, donnant des images lunaires de $2^{mm},1$ de diamètre.

Les poses, d'une durée uniforme de 5 secondes, ont été obtenues à des intervalles voisins de 4 minutes, en maintenant la chambre fixe et en faisant varier la quantité de lumière reçue, dans un rapport calculable, au moyen de diaphragmes.

Cinq poses ont été faites *pendant la totalité*, vers le maximum de l'éclipse, de $19^h 28^m$ à $19^h 44^m$, avec des diaphragmes d'ouverture croissant de $10^{mm},2$ à $48^{mm},8$.

Les deux dernières poses, faites au voisinage de la plus grande phase, à $19^h 40^m$ et $19^h 44^m$, avec des ouvertures de $40^{mm},2$ et $48^{mm},8$, ont seules impressionné la plaque. Elles donnent, sous la forme d'un croissant, l'image du bord sud de la Lune qui, bien qu'entièrement dans l'ombre, était resté incomparablement plus lumineux que le reste du disque éclipsé.

Après la sortie de la pénombre, quinze autres poses ont été faites, de $23^h 2^m$ à $0^h 8^m$ le 27, en trois séries de cinq disposées parallèlement. Ces poses ont été obtenues avec interposition de diaphragmes d'ouvertures très faibles. Les diamètres de ces ouvertures, percées dans des lames de clinquant, varient de $0^{mm},23$ à $1^{mm},20$; ils ont été déterminés à l'aide d'une des machines de mesures de la Carte du Ciel. Les quinze poses ont toutes donné une impression sur la plaque.

La comparaison des plages fournies par les images lunaires a donné les résultats suivants :

1° L'opacité de l'image en croissant, obtenue pendant la totalité lors de la quatrième pose (diaphragme de $40^{mm},2$) est sensiblement la même que celle de la même région lunaire obtenue après l'éclipse à la première pose (diaphragme de $0^{mm},23$);

2° L'opacité de l'image en croissant, obtenue pendant la totalité lors de la cinquième pose (diaphragme de $48^{mm},8$) est, pareillement, semblable à celle de la même région lunaire obtenue après l'éclipse à la troisième pose (diaphragme de $0^{mm},28$).

Le rapport des énergies photochimiques émises pendant et après l'éclipse est donc, dans le premier cas :

$$\left(\frac{40^{mm},2}{0^{mm},23}\right)^2 = 30\,548$$

et, dans le second :

$$\left(\frac{48^{mm},8}{0^{mm},28}\right)^2 = 30\,377.$$

On remarquera toutefois que la hauteur de la Lune, d'environ 20° lors des poses faites pendant la totalité, s'est élevée à 40° pendant celles faites après l'éclipse. L'absorption atmosphérique, prépondérante dans la totalité, a donc eu pour effet d'exagérer le contraste, et les nombres exprimant les résultats obtenus doivent être, pour cette raison, légèrement diminués.

ÉLECTRONIQUE. — *Diffraction des électrons par des cristaux uniques.* Note (1) de MM. **J.-J. Trillat** et **Th. v. Hirsch**, présentée par M. A. Cotton.

Depuis la découverte fondamentale de L. de Broglie, on sait que les électrons sont susceptibles d'être diffractés par les milieux cristallins en donnant lieu à des résultats analogues, dans leurs grandes lignes, à ceux présentés par les rayons X ; toutefois, cette diffraction s'accompagne souvent de phénomènes particuliers, et elle est susceptible d'apporter un grand nombre de renseignements importants que ne peuvent fournir les rayons X ; à ce point de vue, l'étude de cristaux uniques présente un grand intérêt.

Dans ce travail, nous avons étudié les phénomènes qui se produisent lorsqu'un pinceau d'électrons monocinétiques traverse une feuille d'or battu ; nous avons réussi à mettre en évidence, par de beaux diagrammes, ainsi que sur l'écran, une diffraction intense par des cristaux uniques.

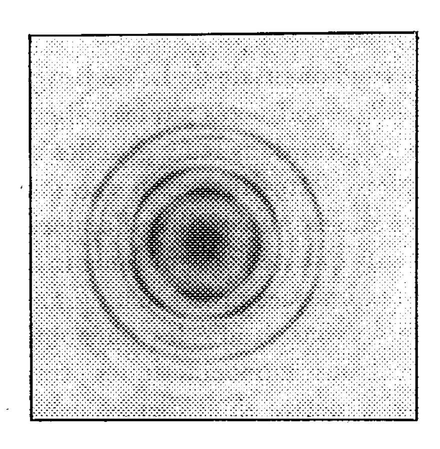
Dispositif expérimental. — L'appareil se compose d'une partie en verre, isolée, et d'une partie métallique (au sol), où se produit la diffraction. Les principales particularités de cet appareil, qui a été construit en vue de l'emploi d'un grand nombre de montages, sont les suivantes : 1° il peut fonctionner soit en tube à gaz, soit en tube Coolidge (filament incandescent), jusqu'à 120 000 volts ; 2° le pinceau d'électrons primaires est extrêmement fin, grâce à un collimateur de 12^{cm} de long percé de deux trous de $\frac{1}{10}$ de millimètre ; 3° les temps de pose sont extrêmement réduits (une fraction de seconde sur plaque, quelques secondes sur papier) ; 4° les images de diffraction sont visibles en plein jour sur des écrans spéciaux, l'énergie consommée n'étant que de quelques watts ; 5° des jeux de rodages permettent, de l'extérieur, de faire réaliser tous les mouvements à la substance étudiée, ce qui permet l'exploration de tous ses points.

Étude des feuilles d'or battu. Diffraction par un cristal unique. — Le travail a consisté en l'étude de feuilles d'or battu obtenues par martelage (épaisseur $0^{\mu},1$ environ) avec des électrons de 50 kilovolts, dont la lon-

(1) Séance du 12 octobre 1931.

gueur d'onde correspondante est, d'après la relation de L. de Broglie, égale à 0,053 Å. Les feuilles étaient fixées sur un support mobile dans le vide, et perpendiculaire au faisceau d'électrons; elles étaient explorées en leurs divers points. En certains endroits, il apparaît alors des diagrammes de diffraction tels que celui figuré ci-dessous (obtenu directement sur du papier *Velox* Kodak).

L'interprétation complète de nos résultats sera donnée dans un autre Mémoire. Nous avons trouvé que dans les feuilles d'or battu, les cristaux sont, par suite du martelage, orientés de façon que l'axe [100] soit per-



pendiculaire à la feuille, toutes les directions situées dans le plan de la feuille étant équivalentes. Le pinceau électronique étant très fin, il existe des positions de la feuille où la diffraction n'est produite que par un seul cristal; le cliché ci-dessus est pris dans ces conditions, et représente la diffraction d'un pinceau monocinétique d'électrons par un cristal unique d'or dont la direction [100] (arête du cube) est parallèle à ce pinceau. Nous montrerons plus loin qu'il ne peut s'agir en effet d'un Faserdiagramme.

Nous avons réussi à vérifier théoriquement la position de toutes les taches du cliché (80 environ); elles représentent les réflexions sur tous les plans passant par l'axe [100] ainsi que sur les plans qui font un angle faible avec cet axe. Pour expliquer que tous ces plans sont susceptibles de réfléchir en même temps un pinceau d'électrons monocinétiques, il est nécessaire d'admettre que les cristaux sont légèrement courbés. Puisque l'angle de réflexion sélective correspondant à la longueur d'onde des électrons de 50 kilovolts est très petit (1° à 3°), il suffit que la courbure soit également de

quelques degrés. En rappelant que, par le martelage, l'épaisseur des lames d'or est réduite à moins d'un centième de sa valeur primitive, il est naturel que les cristaux soient en effet légèrement déformés.

En déplaçant la feuille pendant la pose, normalement au faisceau d'électrons, la diffraction est alors produite par un grand nombre de cristaux, et le diagramme obtenu est un diagramme de Debye-Scherrer avec des anneaux complets, comme nous l'avons vérifié; le fait que les cristaux sont orientés suivant la normale à la feuille ne peut donner lieu ici à un Faserdiagramme, puisque le faisceau primaire est parallèle à l'axe de l'orientation. Cette orientation n'intervient seulement que pour modifier les intensités relatives des anneaux, comparativement à un diagramme de cristaux non orientés.

Un diagramme de comparaison pris aux rayons X ne montre, sur ces feuilles d'or, que des anneaux complets de Debye-Scherrer, la feuille, dans cette expérience, étant bien entendu immobile. Ceci montre en particulier la supériorité, dans un cas tel que celui-ci, de la diffraction des électrons par rapport à la diffraction des rayons X, supériorité due essentiellement à la finesse du faisceau primaire et à la visibilité sur un écran, qui permet l'exploration systématique de tous les points de la substance étudiée.

C'est la première fois qu'on aie réussi à obtenir une diffraction d'électrons par des cristaux uniques métalliques en opérant par transmission. Nous nous proposons d'utiliser cette technique pour l'étude de cristaux uniques de cellulose, ainsi que pour d'autres recherches (polarisation des électrons par réflexion sur des réseaux cristallins).

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur la polarisation moléculaire*. Note [1] de M. R. DE MALLEMANN, présentée par M. A. Cotton.

Les résultats généraux ont été indiqués dans une Note antérieure; je me propose de les préciser. Les polarisations des atomes dans une molécule constituent un système de vecteurs, appliqués aux sommets du polyèdre moléculaire. Ce système est entièrement défini par *deux* grandeurs invariantes : la *résultante* $\vec{P}$ et le moment relatif ou *automoment*, $M = (\vec{P}, \vec{\Gamma})$. Le couple résultant $\vec{\Gamma}$ n'est pas complètement fixé, *a priori*, car son moment

(1) Séance du 12 octobre 1931.

dépend de l'origine choisie : il est *minimum* par rapport à tout point de la droite P. D'autre part, le tenseur mesurant la polarisation symétrique définit seulement $\vec{P}$ en *grandeur* et *direction;* la considération du couple minimum fixe aussi la *position* de cette droite, par rapport à la molécule : c'est l'*axe central*. Dans le cas le plus général, la polarisation moléculaire est donc représentée par *deux* vecteurs, constituant un *torseur* (vis); ce torseur varie en grandeur, direction et position, quand on change la direction du champ imposé.

J'examinerai d'abord les cas de réduction. La condition nécessaire et suffisante pour que la polarisation *moléculaire* se réduise à un vecteur *unique* $\vec{P}$ est que l'automoment soit nul : $M = 0$. La résultante $\vec{P}$ est alors définie en grandeur, direction et position : c'est la *droite de moment nul* (unique). Néanmoins le *point d'application* du vecteur $\vec{P}$, le long de la droite, est encore indéterminé. Du point de vue physique, il serait absurde de placer ce point à grande distance de la molécule (¹), mais l'indétermination peut être levée par l'analyse. Il suffit de considérer l'ensemble des systèmes de vecteurs correspondant à toutes les directions possibles du champ imposé. D'une manière générale, les *axes centraux* dépendent des *deux* paramètres, fixant la direction du champ. Ces droites forment donc une *congruence* et peuvent envelopper une *surface* focale. Mais on voit facilement que cette surface se réduit à un point, quand la molécule possède au moins *deux* plans de symétrie. Dans ces conditions, il existe un *point de moment nul*, indépendant de la direction du champ, où se coupent toutes les résultantes $\vec{P}$. Ce point, invariablement lié à la molécule, ne coïncide pas nécessairement avec le centre de figure (sauf pour les molécules isotropes), car sa position dépend à la fois des propriétés *géométriques* et *physiques* de l'assemblage. J'ai proposé de l'appeler *centre de polarisation*. Ses coordonnées, rapportées aux axes moléculaires *principaux* (²), $(\Sigma\alpha = \Sigma\beta = \Sigma\gamma = 0)$,

---

(¹) La position de ce point est évidente, *a priori*, quand la molécule est symétrique *centrée*, mais ce cas serait très particulier (puisqu'il ne s'agit pas des réseaux mais du contenu de leurs mailles). Les molécules sont, en général, *hémièdres* (par exemple, tous les tétraèdres plus ou moins symétriques).

(²) On les obtient aussi bien par rapport à des axes quelconques, mais les expressions seraient plus longues à écrire.

mais à une origine arbitraire, sont :

$$\xi = \frac{\Sigma(bx - \beta y)}{\Sigma b} = \frac{\Sigma(cx - \gamma z)}{\Sigma c};$$

$$\eta = \frac{\Sigma(cy - \alpha z)}{\Sigma c} = \frac{\Sigma(ay - \beta x)}{\Sigma a};$$

$$\zeta = \frac{\Sigma(az - \gamma x)}{\Sigma a} = \frac{\Sigma(bz - \alpha y)}{\Sigma b}.$$

a, b, c désignant les susceptibilités diagonales des *atomes* et α, β, γ leurs susceptibilités latérales. La *position* des *trois* plans principaux et des *trois* axes principaux est ainsi déterminée (¹).

Je reviens au cas général, qui serait celui d'une molécule *asymétrique* (²). L'automoment M est alors différent de zéro, sauf pour les directions du champ situées sur un certain cône qui définit les droites de moment nul (³). Ces droites appartiennent à la congruence des axes centraux, mais ceux-ci ne se coupent plus en un même point pour *toutes* les directions du champ. Il existe néanmoins toujours *trois axes centraux rectangulaires*, tels que la résultante $\vec{P}$ soit parallèle au champ imposé : ce sont les axes principaux de la molécule (torsionnels), qui sont ainsi fixés en direction et position, mais ne se coupent pas, en général. Leurs plus courtes distances définissent un parallélipipède dont le centre peut être considéré comme le centre de polarisation *moyen*. A proprement parler, il n'existe plus de *plans* principaux; leur orientation est seule définie (par le tenseur). Quand on fait tourner le

(¹) Dans le cas de la polarisation *optique*, la position du centre peut dépendre de la longueur d'onde.

(²) J'écarte provisoirement le cas d'un *seul* plan de symétrie qui exige une étude spéciale.

(³) L'automoment est une fonction quadratique des composantes du champ, dont les coefficients dépendent des susceptibilités et des coordonnées de tous les atomes. Dans les cas de symétrie, ces coefficients s'annulent identiquement, et l'on obtient ainsi les relations indiquées plus haut, qui définissent les coordonnées (ξ, η, ζ) d'un point fixe. *Exemple :* tétraèdre à base équilatérale (a); le centre est sur la hauteur h, à une distance $x'p$ de la base

$$\zeta = \frac{h A_4}{3A_1 + A_4}\left\{ 1 + \frac{3A_1}{3A_1 + A_4}\left[A_1\left(\frac{3a^2}{l^5} - \frac{3}{l^3} - \frac{1}{a^3}\right) + \frac{A_4}{l^3}\right]\right\},$$

à l'approximation du deuxième ordre. Pour $a = l$ et $A_1 = A_4$ on a $\zeta = \frac{h}{4}$.

champ, parallèlement, à une de ces directions de plans, la résultante $\vec{P}$ décrit une surface réglée (*genre* hélicoïde ondulé), dont toutes les génératrices sont parallèles au plan. L'axe central passe d'une direction principale à l'autre, en tournant et glissant le long d'une arête du parallélépipède; les *projections* de $\vec{P}$ sur le plan sont les ellipses de la théorie classique. La dissymétrie de l'assemblage est mesurée, suivant chaque direction, par la valeur de l'automoment M, c'est-à-dire par le volume du tétraèdre de Chasles.

OPTIQUE. — *Sur la constitution des solutions tirée des mesures d'absorption.* Note de M. **P. Vaillant**, présentée par M. A. Cotton.

On sait depuis longtemps que l'absorption des électrolytes colorés, modifiée par changement de concentration ou de solvant, ou par addition d'électrolytes incolores, ne varie pas en conformité avec la théorie d'Arrhenius [1]. L'absorption moléculaire reste constante dans un large domaine où, d'après cette théorie, le degré de dissociation subit déjà de fortes variations. Les changements n'apparaissent que lorsque devient considérable la concentration des ions de signe contraire à l'ion coloré. D'après Fajans ils sont attribuables à l'apparition progressive d'associations d'ions, formées des mêmes éléments que les molécules, mais de constitution et de propriétés optiques différentes.

La question se pose de savoir si cette constitution et ces propriétés sont ou non indépendantes de la nature et de la densité des ions libres qui les entourent. Dans leurs recherches sur l'acide nitrique et les nitrates, von Halban et Eisenbrand [2] concluent à l'affirmative du fait que les courbes d'absorption relatives à diverses concentrations ioniques ont un point commun, d'où résulte qu'elles correspondent à des titres variables d'un mélange de deux mêmes éléments absorbants, l'ion libre et le couple d'ions associés. Mais les courbes ont des coefficients angulaires très voisins et leurs intersections mutuelles sont mal définies.

La propriété suivante, facile à établir, fournit un moyen de contrôle plus précis : *Si x et y sont les coefficients d'extinction relatifs à deux* λ

[1] Je signalais déjà cette anomalie dans ma Thèse en 1902.

[2] *Z. für phys. Ch.*, 132, 1928, p. 401.

déterminés, la courbe $y = f(x)$ qui relie les points figuratifs d'une série de solutions contenant un mélange à titre variable de deux mêmes éléments absorbants est une droite (1).

Une solution concentrée de $CoCl^2$, légèrement acidulée par HCl pour éviter l'hydrolyse, est étendue au cinquième successivement avec de l'eau, de l'alcool et une série de solutions de chlorures incolores dont la concentration est réglée de sorte que toutes les solutions réalisées aient sensiblement même indice (2), ceci en vue d'éviter les perturbations résultant des déplacements de Kundt.

A l'exception de la solution mère, prise sous l'épaisseur de $0^{mm},8$, les autres sont examinées au spectrophotomètre (3) sous une même épaisseur de 4^{mm}. L'examen porte sur dix radiations équidistantes de l'intervalle 4800-5700 Å.

Les courbes d'absorption déduites des mesures s'emboîtent sans se couper, avec maximum très sensiblement au même point, voisin de 5500 Å. Les déplacements de bande qu'on observe avec des solutions d'indices différents et que j'ai signalés dans une précédente Note (4) sont en conséquence imputables à l'effet Kundt.

Lorsqu'on prend pour coordonnées les colog cos α correspondant à deux λ déterminés différents λ_1 et λ_2, les points figuratifs des deux solutions aqueuses et de la solution alcoolique sont bien en ligne droite, mais ceux qui correspondent à des solutions à électrolyte étranger, bien que voisins de la droite précédente, s'en écartent de quantités en général supérieures aux erreurs de mesure. Exemple (la dernière rangée donne les écarts d'ordonnée avec la droite définie par les trois premières solutions) :

---

(1) Lorsqu'il s'agit, comme dans ce qui va suivre, de solutions également concentrées en électrolyte coloré et ayant sensiblement même indice, au lieu des coefficients d'extinction qui demandent deux mesures sous deux épaisseurs différentes, il est plus simple et plus précis de n'en effectuer qu'une sous une épaisseur déterminée et de prendre pour coordonnées les cologarithmes du cosinus de l'angle α des nicols qui correspond à l'équilibre photométrique. Dans la mesure où l'on peut admettre que les pouvoirs réflecteurs des solutions examinées sont les mêmes, la propriété précédente s'applique aussi à ces nouvelles coordonnées.

(2) Indices compris entre 1,37 et 1,38, à l'exception de la solution aqueuse d'indice 1,343.

(3) Spectrophotomètre Yvon avec dispositif photo-électrique.

(4) *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 747.

	Mère.	Eau.	Alcool.	Na Cl.	K Cl.
Colog $\cos\alpha_{4900} \times 10^3$.........	98	75	107	127	132
Colog $\cos\alpha_{5400} \times 10^3$.........	250	214	265	298	307
Ecarts $\times 10^3$...............				+2	+3
	Li Cl.	Ba Cl².	Sr Cl².	Zn Cl².	Cd Cl².
Colog $\cos\alpha_{4900} \times 10^3$.........	92	114	128	87	104
Colog $\cos\alpha_{5400} \times 10^3$.........	247	269	297	225	249
Écarts $\times 10^3$...............	+6	−6	−1	−8	−11

On conclut de là que, dans l'association formée par Co^{++} et Cl^-, les propriétés optiques, si elles paraissent indépendantes de la densité d'ions Cl^- dans le milieu, sont légèrement influencées par la présence simultanée, dans ce milieu, de cations étrangers (¹).

Le procédé de contrôle utilisé est plus précis que celui qui consisterait à appliquer cette autre proposition, laquelle ne fait intervenir que des différences : *Étant données trois solutions contenant des mélanges à titres différents de deux mêmes éléments absorbants, si x, y, z sont leurs coefficients d'extinction pour un même λ quelconque, la courbe $z - x = f(y - x)$ est une droite.*

Dans le cas particulier des sels de Co la vérification de cette proposition ne permettrait même aucune conclusion. En effet, sauf au voisinage immédiat du maximum qu'il n'est guère possible de dépasser en raison de la perte de sensibilité de la cellule photo-électrique, les courbes d'absorption individuelles sont quasi linéaires, d'où résulte que leurs combinaisons le sont nécessairement aussi. Exemples :

λ.............	4800.	4900.	5000.	5100.	5200.	5300.	5400.	5500.	5700.
$(\text{Colog}\cos\alpha \times 10^3)_{\text{eau}}$...	34	75	106	136	166	195	214	220	181
$(\text{Colog}\cos\alpha \times 10^3)_{\text{Li Cl}}$...	48	92	130	162	195	226	247	256	214

SPECTROSCOPIE. — *Étude de quelques spectres d'absorption de liquide dans le proche infrarouge au moyen d'une cellule photorésistante.* Note (²) de M. **R. Freymann**, présentée par M. A. Cotton.

Les recherches sur l'absorption des corps dans l'infrarouge demandent à être faites avec un dispositif optique ayant la plus grande dispersion possible; à ce point de vue l'emploi *d'un réseau comme appareil dispersif* est

(¹) En appliquant le même mode de vérification aux résultats numériques publiés par Von Halban et Eisenbrand (*loc. cit.*), on arrive à une conclusion analogue en ce qui concerne les associations d'ions formés par NO^{3-}.

(²) Séance du 12 octobre 1931.

avantageux; mais, par suite des pertes de lumière dans les spectres des divers ordres, cet emploi nécessite un appareil *récepteur* très sensible; aussi, au lieu d'utiliser les appareils récepteurs généralement employés [1], j'ai utilisé, en liaison avec un amplificateur à triodes, la *cellule thalofide* de Céma Fournier [2] qui est d'une remarquable sensibilité dans la région $0^{\mu},85$-$1^{\mu},15$.

Montage expérimental. — La source de lumière est une lampe pointolite 1000 B; la cuve d'absorption a 50^{mm} de long; le collimateur et la lunette du spectromètre, ouverts à $f/10$ ont 600^{mm} de distance focale et une fente de $0^{mm},1$ de large; on utilise par réflexion le premier ordre d'un réseau plan de Rowland (568 traits au millimètre) dont on peut apprécier une rotation de 20″, ce qui correspond à un déplacement de 3 Å dans le spectre; la largeur que la fente de sortie du spectromètre occupe dans le spectre ($0^{mm},1$) correspond sensiblement à ces 3 Å; l'étalonnage en longueurs d'onde des positions du réseau se fait à ± 3 Å près au moyen de la raie $1^{\mu},0140$ de Hg. Un verre rouge interposé entre la fente de sortie et la cellule photorésistante supprime le spectre du second ordre du réseau.

Un diapason placé devant la fente du collimateur module la lumière à la fréquence de 96 vibrations par seconde. Les variations de résistance, sous l'action de la lumière, de la cellule photorésistante produisent des variations de courant dans le circuit grille d'une première triode; le courant variable obtenu dans le circuit plaque est amplifié par les trois étages d'un amplificateur B. F. à résistance, puis envoyé (après passage dans un circuit filtre, puis redressement par un contact cuivre-oxyde de cuivre) dans un galvanomètre d'Arsonval ordinaire (sensibilité $0,5 \times 10^{-9}$ ampère par millimètre sur l'échelle à 2^{m}; période 4 secondes).

On peut ainsi déterminer d'une part la position du réseau, donc la *longueur d'onde* d'autre part, *la transmission* de la substance pour la radiation étudiée.

La *position des bandes bien définies se détermine avec une précision de* ± 5 Å; de plus l'étalonnage en λ ne présente pas les erreurs systématiques d'étalonnage des spectromètres à prismes.

Résultats. — Parmi les liquides étudiés ainsi se trouvent douze alcools acycliques primaires, saturés, normaux (du méthylique au tétradécylique) qui, dans la région spectrale étudiée, présentent trois bandes voisines de 0,9, 0,9631 et 1^{μ} [cette région a été étudiée avec une faible dispersion par Sappenfield (*Phys. Rev.*, 33, 1929, p. 37), et Ellis (*Phys. Rev.*, *passim.*, 1924 à 1929)].

Dédoublement et effet d'homologie. — Les bandes de 0,9 et 1^{μ} sont con-

---

(1) J. Lecomte, *Le spectre infrarouge*, p. 10-62, Paris, *Les Presses Universitaires.*
(2) R. Dubois, *Journ. de Phys.*, 9, 1928, p. 310.

sidérées comme les harmoniques 4 et 3 de la bande de $3^{\mu},4$ (liaison C-H); la dispersion utilisée a permis de constater les faits suivants :

1° *Les bandes de* 0,9 *et* 1^{μ} *sont résolubles chacune en plusieurs composantes.* Chaque bande de 0,9 et 1^{μ} est formée d'au moins deux composantes : pour les premiers termes de la série, la bande de plus courte λ est la plus intense, au delà du terme en C^6 elle est la plus faible et peut n'être marquée que par un point d'inflexion de la courbe; l'observation de diverses bandes faibles me conduit d'ailleurs à dire, sous quelques réserves, que les bandes sont non seulement doubles mais triples.

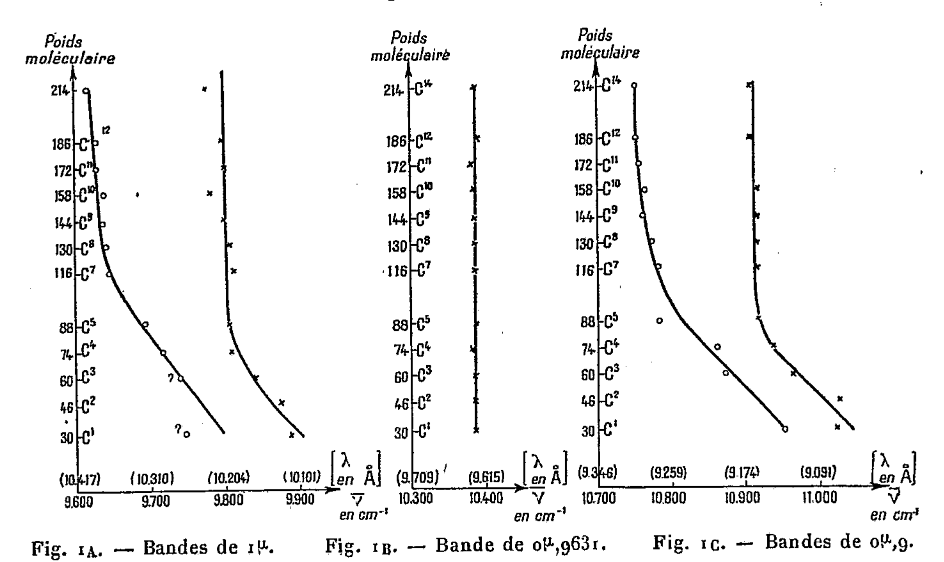


Fig. 1A. — Bandes de 1^{μ}. Fig. 1B. — Bande de $0^{\mu},9631$. Fig. 1C. — Bandes de $0^{\mu},9$.

2° Pour chacune des deux composantes principales des bandes de 0,9 et 1^{μ}, *lorsqu'on monte dans une série homologue le maximum de la bande se déplace vers les grandes longueurs d'onde*, *en tendant vers une* λ *limite*, c'est ce que montrent les figures 1_A et 1_C.

Ces observations ont été confirmées par l'étude des bandes de 0,9 et 1^{μ} de six aldéhydes et sept alcooylhalogènes.

Des dédoublements ou déplacements ne semblent pas, faute d'une dispersion suffisante, avoir été observés quantitativement sur la bande fondamentale de $3^{\mu},4$ (1); par contre, l'étude des spectres Raman montre (2) une complexité et des déplacements des raies voisines de 3000 cm⁻¹ (C-H) que l'on peut rapprocher des constatations faites plus haut.

(1) W. WENIGER, *Phys. Rev.*, 31, 1910, p. 388. — J. LECOMTE, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 825.
(2) K. KOHLRAUSCH, *Der Smekal Raman Effekt*, p. 146, Springer, 1931.

Liaison O-H. — La bande de $0^{\mu},9631$, qui n'a pas encore été signalée, est vraisemblablement l'harmonique 3 de la bande de 3^{μ} caractéristique de O-H; en effet : 1° je n'ai pas observé cette bande dans le spectre d'alcooylhalogènes; 2° comme le montre la figure 1_B, *la bande* $0^{\mu},9631$ *ne se déplace pas lorsque l'on monte dans la série homologue* [une observation semblable a été faite dans le spectre Raman de la liaison S-H (¹)]; 3° le spectre d'absorption de *l'eau présente une large bande dont le maximum est voisin de* $0^{\mu},9730$ (O-H de H^2O).

Il est d'ailleurs intéressant de noter que, dans le spectre *d'alcools contenant un noyau benzénique* (alcools benzylique, phényléthylique, phénylpropylique, méthylbenzylcarbinol, etc.), j'ai observé une bande intense toujours située, aux erreurs d'expérience près, à $0^{\mu},9778$, bande que je suis amené à attribuer également à O-H (²).

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Sur la sensibilité des cellules photo-électriques à l'oxyde cuivreux du type à grille de cuivre. Comparaison avec l'absorption optique et la photoconductivité de* Cu^2O. Note (³) de M. L. **Dubar**, présentée par M. Paul Janet.

MM. Pierre Auger et Charles Lapicque (⁴) ont étudié la variation dans le spectre de la sensibilité de cellules photo-électriques constituées par une plaque de cuivre oxydé recouverte d'un dépôt cathodique transparent d'or ou d'argent. Dans ces cellules, le phénomène est localisé à la surface de séparation de l'oxyde et du dépôt cathodique et le sens du courant est du cuivre à l'oxyde dans le circuit extérieur.

La même Note signale incidemment un autre effet, de sens inverse, qui prédomine dans les cellules où la couche métallique transparente est remplacée par une grille de cuivre en contact intime avec l'oxyde. Il me paraît intéressant de donner quelques indications sur ce type particulier de cellules.

Le courant photo-électrique est, dans de grandes limites de variation de l'éclairement, proportionnel à l'énergie lumineuse incidente. La sensibilité,

---

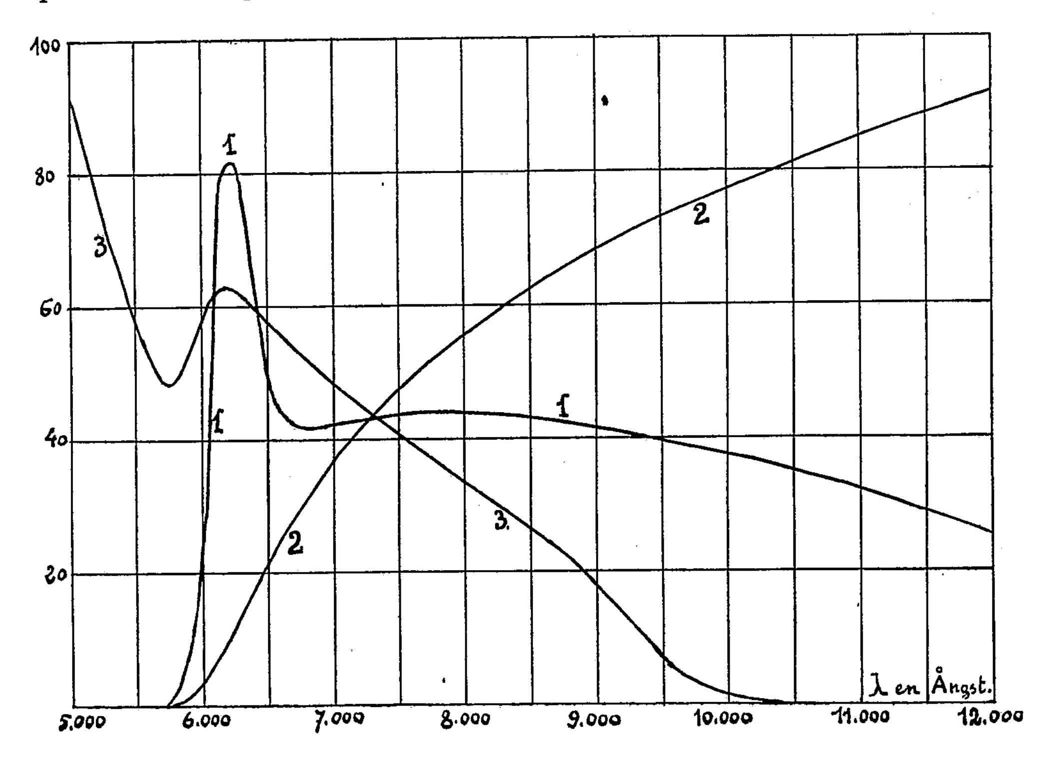
(¹) K. Kohlrausch, *loc. cit.*

(²) Je me suis, bien entendu, assuré que les bandes de $0^{\mu},9631$ et $0^{\mu},9778$ ne provenaient pas de traces d'eau dans l'alcool.

(³) Séance du 5 octobre 1931.

(⁴) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 319.

pour la radiation totale d'une lampe à incandescence dans le vide, varie de 7 à 15 microvolts par lux suivant les échantillons, à la température de 15° C. La résistance intérieure est de l'ordre de 4000 ohms par centimètre carré de surface couverte par la grille. Le domaine d'utilisation est le rouge et le proche infrarouge



La courbe 1 représente les variations du courant photo-électrique avec la longueur d'onde des radiations incidentes. La sensibilité apparaît assez brusquement vers 5750 Å, et atteint un maximum aigu vers 6200. A 12000 Å, limite d'emploi du spectrographe utilisé, le courant est encore égal à 30 pour 100 du courant maximum.

La courbe 2 donne, en unités arbitraires, l'énergie lumineuse transmise à travers une lamelle d'oxyde. On voit que le début de la bande de transmission coïncide avec le seuil de sensibilité de la cellule, ce qui confirme l'hypothèse de la localisation de l'effet dans la portion de l'oxyde voisine du cuivre.

A titre de comparaison, la courbe 3 indique le courant de conduction photo-électrique d'un échantillon de Cu^2O du type semi-isolant, dont la

préparation a été décrite dans une Note précédente (¹). Observons que c'est vraisemblablement cet oxyde qui existe dans la couche voisine du cuivre, où l'effet est ici localisé, tandis que la couche extérieure, siège du phénomène dans les cellules à dépôt cathodique, est constituée par l'oxyde du type conducteur de propriétés très différentes.

On remarque, sur la courbe 3, un minimum coïncidant avec le début de la bande de transmission optique, suivi d'un maximum assez voisin de celui de la courbe 1.

La sensibilité des cellules à grille décroît rapidement et de façon réversible lorsque la température s'élève. Les chiffres ci-dessous se rapportent à une cellule de $8^{cm^2},2$ de surface de grille, soumise à un éclairement constant de 400 lux environ, produit par une lampe à incandescence à atmosphère gazeuse. Les températures étaient mesurées par un couple thermo-électrique cuivre-constantan en contact intime avec le cuivre de base de la cellule, l'ensemble étant placé au fond d'une boîte métallique profonde chauffée au bain-marie.

Température (degrés C.)	15.	20.	25.	30.	35.	40.	50.	60.
f. e. m. millivolts (potentiomètre)	3,33	2,58	1,91	1,48	1,13	0,87	0,48	0,25
Courant microampères (galvanomètre 59 ohms)	3,43	3,20	2,98	2,74	2,50	2,28	1,80	1,34

Pour les mesures spectrographiques, j'ai utilisé un monochromateur Van Cittert éclairé par une lampe Pointolite. Les indications du galvanomètre étaient ramenées à l'unité d'énergie grâce à un étalonnage préalable de l'ensemble au moyen d'un couple thermo-électrique.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur les potentiels de dépôt du cuivre dans les solutions complexes d'halogénures cuivreux.* Note (²) de MM. **N. Thon** et **J. Pinilla**, présentée par M. G. Urbain.

On sait qu'il est possible de déposer du cuivre en électrolysant une solution de chlorure cuivreux dans un excès de chlorure alcalin ou d'acide chlorhydrique (³). Nous avons entrepris une étude du dépôt du cuivre dans

(¹) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 341.
(²) Séance du 12 octobre 1931.
(³) P. P. Fedotieff, *Z. anorg. Chem.*, 173, 1928, p. 81.

les solutions d'halogénures et de sulfocyanure cuivreux, tous solubles dans un excès du sel alcalin et de l'hydracide correspondants. Nous avons employé les solutions suivantes (les concentrations sont exprimées en mol-gr/litre) :

Chlorure.		
Cu Cl.	Na Cl.	H Cl.
0,5	4	1
»	3	2
»	2	3
»	1	4
»	0	5

Iodure.		
Cu I.	K I.	H I.
0,5	5	0
»	4	1
»	3	2
»	2	3
–	–	–

	Bromure.		
	Cu Br.	K Br.	H Br.
(*a*)...	0,5	3	1,5
(*b*)...	»	2	3
(*c*)...	»	1	4,5
(*d*)...	»	0	6

Sulfocyanure.	
Cu CNS.	K CNS.
0,25	6
–	–
–	–
–	–

Dans toutes ces solutions, le métal se déposait sans dégagement visible d'hydrogène. Notre attention s'est portée principalement sur l'étude de la relation entre le potentiel de dépôt cathodique et la densité de courant. Les mesures de potentiel ont été effectuées par rapport à l'électrode saturée de calomel, la solution étant agitée et protégée contre l'oxydation par une couche d'huile de vaseline. L'anode était en cuivre, la cathode en cuivre électrolytique. Nous donnons ci-après, à titre d'exemple, les résultats obtenus avec les solutions de bromure à 25° C.

En abscisses sont portés les potentiels de cathode en millivolts, par rapport à l'électrode normale à hydrogène, en ordonnées les densités de courant en milliampères par centimètre carré. Nous utilisons les courbes descendantes, c'est-à-dire celles obtenues avec des densités de courant décroissantes.

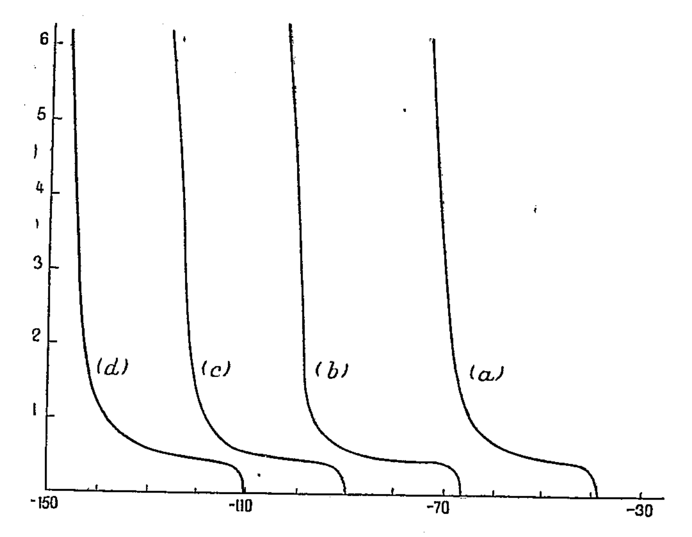
Des courbes d'allure analogue ont été obtenues avec les autres solutions d'halogénures cuivreux. Elles présentent toutes la particularité suivante : au début, pour une densité de courant faible, le potentiel est relativement positif, puis la courbe présente un palier pour aboutir à des valeurs de potentiel nettement plus basses à partir d'une certaine densité de courant. La densité de courant continuant d'augmenter, le potentiel ne se déplace que très faiblement vers des valeurs plus basses.

L'existence du saut du potentiel et du palier de la densité de courant peut s'expliquer si l'on admet que pour des intensités de courant inférieures ou

égales à celles qu'indique le palier, le processus cathodique consiste dans une *réduction* de l'ion *cuivrique* en ion cuivreux :

(1) $$Cu^{++} + \ominus \rightarrow Cu^{+}.$$

L'ion cuivrique est en effet toujours présent dans la solution du sel cui-



vreux, puisqu'il se *reforme* au contact de la cathode, sans intervention de processus électronique, par la réaction purement chimique

$$2\,Cu^{+} \rightarrow Cu^{++} + Cu.$$

Tant que la densité de courant reste basse, la vitesse de formation de l'ion cuivrique est suffisante pour alimenter le courant par sa réduction à l'état cuivreux. A partir d'une certaine densité de courant, la formation chimique des ions cuivriques ne suffit plus : c'est alors qu'intervient la décharge électrochimique de l'ion cuivreux

(2) $$Cu^{+} + \ominus \rightarrow Cu.$$

Il reste à démontrer que le processus (2) exige un potentiel plus bas que (1). Le potentiel de la réduction (1) s'exprime par

$$\varepsilon_1 = 0,17 + \frac{RT}{F} \log \frac{[Cu^{++}]}{[Cu^{+}]}.$$

Le potentiel de décharge (2) est représenté par

$$\varepsilon_2 = 0,52 + \frac{RT}{F} \log [Cu^{+}].$$

Donc, si la concentration en ions cuivreux augmente, ε_1 diminue, ε_2 croît. Dans nos solutions, qui contiennent le cuivre monovalent à l'état d'ion complexe, la concentration effective de Cu^+ est au contraire fortement diminuée, ce qui déplace ε_1 vers les valeurs plus élevées, ε_2 vers les valeurs plus basses. La décharge directe de l'ion cuivreux se fera donc à des potentiels plus bas que la réduction $Cu^{++} \rightarrow Cu^+$.

La valeur de l'ordonnée du palier permet d'évaluer la vitesse de formation d'ions cuivriques à partir d'ions cuivreux. Si, en effet, la densité de courant de 0,5 milliamp./cm^2 représente la vitesse avec laquelle *tous* les Cu^{++} formés par unité de temps sont réduits par le courant à l'état monovalent, il doit se former par seconde et par centimètre carré environ 5.10^{-9} mol-gr d'ions cuivriques.

La hauteur du palier est d'ailleurs variable suivant la solution employée. Elle est d'environ 0,5 milliamp./cm^2 dans le cas des chlorures et des bromures, beaucoup plus faible avec les iodures; elle semble s'élever d'autant plus que la solution est plus acide. La solution de sulfocyanure cuivreux ne présente qu'un palier de hauteur minime. Par contre, le saut du *potentiel* est très prononcé dans *tous* les cas.

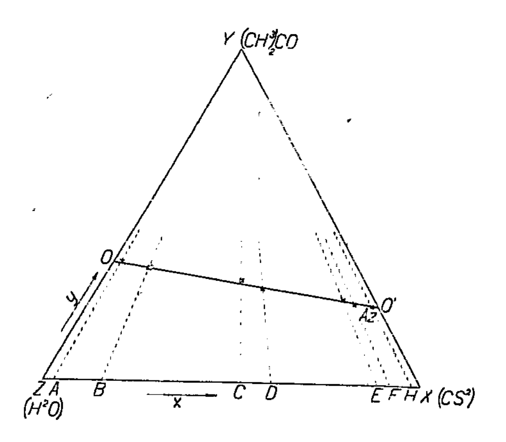
A concentrations totales d'ion halogène (sel + acide) égales, les courbes sont d'autant plus déplacées vers les valeurs négatives des potentiels que la teneur en acide est plus élevée. Les potentiels de dépôt deviennent de plus en plus bas dans la série chlorure-bromure-iodure, ce qui met en évidence la tendance de plus en plus grande qu'ont les éléments correspondants à former des ions complexes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'hétéroazéotrope ternaire constitué par le sulfure de carbone, l'acétone et l'eau.* Note (1) de M. **W. Swietoslawski** et Mlle **L. Wajcenblit**, présentée par M. C. Matignon.

Nous avons appliqué la méthode décrite il y a quelque temps par l'un de nous (2), pour étudier l'hétéroazéotrope ternaire : sulfure de carbone-acétone-eau. Pour déterminer les constantes azéotropiques, nous nous sommes servi d'un ébullioscope différentiel avec déflegmateur construit par l'un de nous (3) en mesurant pour chaque mélange la température d'ébullition $t_{éb}$ du

(1) Séance du 12 octobre 1931.
(2) W. Swietoslawski, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 488.
(3) W. Swietoslawski, *Bull. intern. Ac. Sc. polonaise*, A, 6, 1930, p. 504.

liquide et celle de condensation t_{con} de la vapeur soumise à une déflegmation préalable. Avant de commencer chaque série de mesures on remplissait l'ébullioscope d'un mélange connu d'eau et de sulfure de carbone, puis on y introduisait peu à peu l'acétone. De cette manière nous avons pu suivre les variations des températures $t_{éb}$ et t_{con} pour des mélanges dont la composition variait comme l'indiquent les six droites AY, BY, CY, etc. (voir la figure), surpassant toujours la ligne d'hétéroazéotropie OO'. Au commen-



cement les températures $t_{éb}$ et t_{con} baissaient rapidement et la différence $t_{éb} - t_{con}$ augmentait, puis ladite différence diminuait, pour devenir nulle au point où la température d'ébullition atteignait son minimum. A ce moment le point représentant la composition du mélange se trouvait sur la ligne d'hétéroazéotropie OO', et la température d'ébullition était égale à celle de l'hétéroazéotrope t_{Az} (point Az).

Au cours de nos mesures, nous exprimions les températures $t_{éb}$ et t_{con} en degrés d'une échelle arbitraire, en les comparant immédiatement avec la température d'ébullition t_{Az} de l'hétéroazéotrope lui-même. Celui-ci avait été préparé préalablement par une distillation soignée du mélange des trois composants en question, en proportions convenablement choisies. Cet hétéroazéotrope se trouvait dans un ébullioscope simple et bouillait pendant toute la durée de l'expérience. Enfin la température t_{Az} elle-même fut déterminée à l'aide d'un thermomètre à résistance et rapportée à la température d'ébullition de l'eau bouillant sous la même pression. D'après ces données nous avons calculé la température d'ébullition de l'hétéroazéotrope sous la pression normale : 38,042° C.

Les autres constantes de notre hétéroazéotrope sont les suivantes : la

composition exprimée en poids : sulfure de carbone 75,21 pour 100 ; acétone 23,98 pour 100 ; eau 0,81 pour 100 ; l'équation de la ligne d'hétéroazéotropie OO′, rapportée aux axes YXX (voir la figure) est

$$x + 6,363y = 227,8;$$

les ordonnées du point O : $x_0 = 0$; $y_0 = 35,80$; du point O′ : $x_{0'} = 76,17$; $y'_0 = 23,83$. Les pourcentages des volumes occupés par 100^{cm^3} d'hétéroazéotrope à 38° C. sont : 1,8 pour 100 de la phase supérieure et 98,2 pour 100 de la phase inférieure. Les points de trouble sont situés très près des points O et O′.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur les réseaux cristallins de la thomsonite et de la mésotype.* Note de M. **J. Wyart.**

La thomsonite et la mésotype sont deux zéolites orthorhombiques qui répondent respectivement aux formules $Si^2Al^2Ca(Na^2)O^8 2,5H^2O$ et $Si^3Al^2Na^2O^{10}.2H^2O$. J'ai déterminé, par la méthode du cristal tournant en utilisant le rayonnement Kα du cuivre, les dimensions de leur maille élémentaire et leur groupe de symétrie. Des analogies remarquables apparaissent qui suggèrent une grande similitude dans le mode d'arrangement des atomes entrant dans la composition de ces deux minéraux.

Thomsonite. — Les cristaux provenaient les uns de Bishopton (Écosse) (Collection du Muséum), les autres du Vésuve (Collection Vésignié). Les valeurs des trois paramètres principaux sont :

$$a = 13,02\,\text{Å} \quad b = 13,14\,\text{Å}, \quad c = 13,22\,\text{Å},$$

la précision étant de l'ordre du $\frac{1}{200}$. Les clichés obtenus en faisant tourner le cristal autour de la direction [001] (direction d'allongement) présentent la particularité suivante : des strates parallèles de taches intenses alternent avec des strates de taches très faibles, qui ne sont bien visibles que sur les clichés très poussés. Si l'on ne tenait compte que des strates de taches fortes, on conclurait que la période avec laquelle se reproduisent les atomes dans la direction [001] est 6,61 Å ; la présence des strates de taches faibles tient au fait que la répétition des atomes avec la période de 6,61 Å n'est pas rigoureuse et que la période véritable est deux fois plus grande. L'interprétation des clichés conduit à un réseau de parallélépipèdes rectangles. Les

réflexions sur les plans réticulaires de notation (pqO) avec $p+q$ impair et (Oqr) avec $q+r$ impair n'ont pas été observées. Les cristaux appartenant aux groupes de symétrie C_{2v}^{10} et V_h^{10} de Schœnflies-Federof donnent de tels diagrammes; le premier de ces groupes, correspondant à l'hémiédrie pyramidale, est le plus probable à cause de la pyro-électricité de la thomsonite, Il est facile à partir des dimensions de la maille, de la densité du cristal et de sa composition chimique de dénombrer les divers atomes constituant le motif cristallin. On trouve ainsi 80 atomes d'oxygène, 20 atomes de silicium, 20 atomes d'aluminium et 10 atomes de calcium (en partie remplacé par du sodium).

Mésotype. — J'ai étudié différents cristaux d'Auvergne, les plus beaux provenant du Puy de Marman appartiennent à la Collection du Muséum. Les paramètres ont pour valeurs :

$$a=18,25\,\text{Å},\qquad b=18,50\,\text{Å},\qquad c=6,57\,\text{Å}.$$

La distance des plans réticulaires (110) parallèles aux faces m du cristal est 6,50 Å, très sensiblement égale à la distance des plans (100) et (010) de la thomsonite.

L'étude des diagrammes conduit à un réseau de parallélépipèdes rectangles à faces centrées; on remarque que les réflexions sur les plans réticulaires de notation (Oqr) et (pOr) ne se produisent que si $q+r$ ou $p+r$ sont multiples de 4; par contre on a observé des taches de notation (2240), (2060), (1880). Ceci est caractéristique du groupe C_{2v}^{19} qui correspond à l'hémiédrie pyramidale. Au lieu de la maille rectangle à faces centrées on peut envisager la maille centrée à base losange deux fois plus petite. Elle renferme 40 atomes d'oxygène, 12 de silicium, 8 d'aluminium et 8 de sodium.

Cette maille losangique centrée ressemble singulièrement à celle de la thomsonite. Les deux mailles sont quasi quadratiques (l'angle des faces m pour la mésotype est égal à 91°) de côté sensiblement égal à 13,0 Å.

Le paramètre c est le même et très voisin de 6,60 Å, si en première approximation on ne tient pas compte des réflexions de faible intensité signalées plus haut et qui pour la thomsonite font adopter un paramètre deux fois plus grand. Chez ces deux silicates voisins, les mailles cristallines ayant très sensiblement les mêmes dimensions renferment le même nombre 40 d'atomes d'oxygène et la même somme 20 des atomes silicium et aluminium : 10 Si et 10 Al pour la thomsonite, 12 Si et 8 Al pour la mésotype.

Il faut conclure que ce sont ces atomes ionisés qui constituent l'armature de chacun des deux édifices cristallins. Les 40 oxygènes doivent présenter un arrangement semblable dans les deux minéraux et comme leur volume atomique est considérable comparé à celui des silicium et aluminium, ils fixent les dimensions de la maille. Les atomes Si et Al ont dans l'assemblage des rôles analogues car ils peuvent intervenir en nombres différents pourvu que leur somme soit constante et égale à 20; il est vraisemblable, par analogie avec la structure connue de silicates présentant dans leur formule le groupement $(Si, Al)^n O^{2n}$, que les Si et Al sont placés aux centres de tétraèdres ayant pour sommets 4 atomes d'oxygène, chaque oxygène étant commun à deux tétraèdres.

Les métaux alcalins et alcalino-terreux, intervenant en nombres différents dans les deux structures, se logent, comme les molécules H^2O, dans les vides que laissent la structure très lacunaire des oxygènes et ne font qu'assurer par leur charge la neutralité électrique du cristal.

GÉOLOGIE. — *Sur la géologie des bassins du Haut Niari, de la Bouenza et du Haut Ogooué (Afrique Équatoriale Française).* Note de M. **Victor Babet**, présentée par M. Charles Jacob.

Cette région, que j'ai récemment explorée, comprend en partie les subdivisions de Mouyonzi, de Mayama, de Zanaga et de Franceville. Faisant suite à celle étudiée dans un travail antérieur [1], elle forme la bordure occidentale du *plateau des Batéké*, dont les sables viennent recouvrir vers l'Ouest les formations anciennes : *système du Loubilache*, *séries schisto-gréseuse* et *schisto-calcaire*, *système métamorphique*, *massif cristallin de la Louessé et du haut Ogooué*.

Le plateau de Mouyonzi est constitué par des formations de la *série schisto-calcaire*. Le conglomérat de base, visible dans la vallée du Moussengué et au confluent de la Bouenza et du Louati, contourne le poste au Nord-Ouest et atteint le Niari à l'Est suivant une large bande qui disparaît sous les sables du Djouéké. Les calcaires de Mouyonzi appartiennent à la zone inférieure de la série qui comprend : *a*) dolomies roses et grises, *b*) calcaires en plaquettes, *c*) calcaires oolitiques et compacts recristallisés.

---

(1) V. Babet, *Étude géologique de la zone du Chemin de fer Congo-Océan et de la région minière du Niari et du Djoué*, Paris, 1929.

La direction générale est Est-Ouest au Sud de Mouyonzi. A l'Est, comme le conglomérat de base, la formation est recouverte par les sables. Quelques rares affleurements y laissent voir la direction Nord-Est avec plongement Sud-Est.

Sous le conglomérat de base viennent les grès, quartzites, argiles gréseuses du *système métamorphique*. Nous y rapportons les grès argileux rouges de Kimboto qui s'avancent sur le massif cristallin.

A une trentaine de kilomètres au Nord de Mouyonzi commencent les savanes du pays batéké. Les formations sableuses se développent considérablement vers le Nord et l'Est. A Kiloamba apparaît un grès siliceux conglomératique avec galets de quartzite rouge, devenant blanc par décoloration. Nous le groupons avec les grès siliceux de la boucle du N'Douo et de la région de Pangala, sous le nom de *grès du N'Douo et du Djouéké*, sans préciser pour le moment leurs relations avec les autres séries géologiques. Il paraîtrait naturel de les rapporter au *Loubilache* trangressif; mais ils sont plus cohérents, redressés, parfois écrasés avec nombreuses veines de quartz, attestant ainsi des mouvements jusqu'ici inconnus dans le Loubilache qui est tout au plus ondulé. Peut-être s'agit-il d'un faciès nouveau du Koundéloungou supérieur ou plutôt des formations antérieures?

Les sables du pays batéké recouvrent la région des sources du Djoué, du Niari, de la Bouenza, de l'Ogooué. Se développant au Nord dans les bassins du Léfini, du M'Pama et du Lékéti, ils viennent s'appuyer sur la bordure orientale du massif cristallin de la Louessé et du Haut-Ogooué, au Nord-Ouest de Kimboto et le long de la rive droite de l'Ogooué au Nord de Zanaga.

Dans la subdivision de Franceville, le contour du massif cristallin s'incurve vers le Nord-Ouest et l'Ogooué entre dans une région composée d'argilites, de grès, de quartzites, de roches siliceuses diverses, souvent noires, avec géodes de quartz, de cherts, de schistes graphiteux, d'argiles gréseuses schisteuses à pyrite. Au Sud-Ouest de Franceville, le long du Likoko, la série débute, en bordure du massif cristallin, par un conglomérat à éléments de quartz. Les couches sont plissées, fracturées. La direction générale de cette série est Nord-Ouest. Je l'appelle *série de Franceville*, sans pouvoir encore fixer d'une manière définitive son attribution.

Le massif de la Louessé et du haut Ogooué est formé de gneiss, granites, granodiorites, souvent amphiboliques et pyroxéniques, avec des dolérites et des péridotites qui traversent aussi les séries métamorphiques et de Franceville.

Au Sud-Est de Franceville, le plateau des Batéké vient se terminer sur le bord du M'Passa par une falaise sableuse. Les puissantes formations de sable du pays batéké s'étendent au Sud jusqu'à Brazzaville. Rattachées jusqu'ici dans leur ensemble au Loubilache, elles lui sont probablement en grande partie postérieures, et dues au remaniement de cette dernière formation ainsi qu'au remaniement des grès du N'Douo et du Djouéké et aussi de ceux de la série schisto-gréseuse, qui affleure à Mayama. Ce serait là l'effet de la longue période continentale qui s'est écoulée depuis l'époque loubilachienne, avec des actions éoliennes et fluviatiles se poursuivant encore sous nos yeux dans ce pays à saisons sèches et humides très tranchées. Le Loubilache certain affleure dans la vallée du Djoué et aux environs de Brazzaville. Peut-être faudra-t-il aussi y rattacher les grès blancs avec conglomérat de Balambala, près de Pinamba entre Mouyonzi et Kimboto.

CYTOLOGIE GÉNÉRALE. — *L'origine infraciliaire et la genèse des trichocystes et des trichites chez les Ciliés* Fœttingeriidæ. Note (¹) de MM. **Édouard Chatton**, **André Lwoff** et Mme **Marguerite Lwoff**, présentée par M.-F. Mesnil.

Encore que très répandus chez les Ciliés et chez les Flagellés, les trichocystes et les trichites sont peu connus. Leur distribution, leur morphologie leur fonctionnement ont fait l'objet de nombreux travaux. Mais l'étude de leur genèse, dont la connaissance seule peut nous éclairer sur leur valeur cytologique, a été négligée.

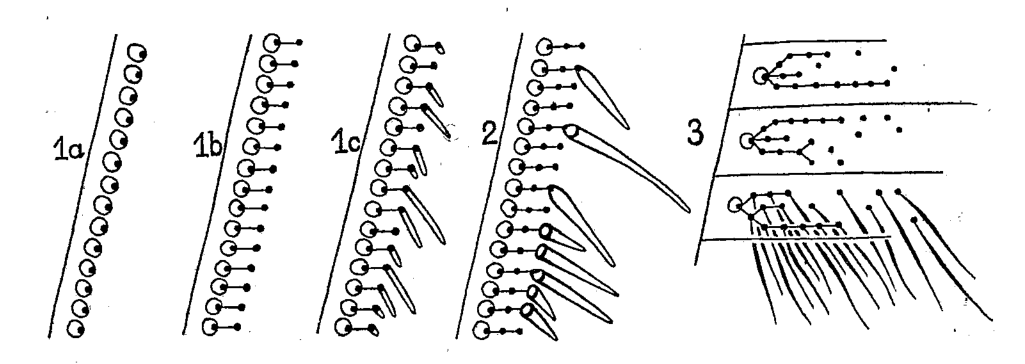
Les anciens auteurs pensent qu'ils se développent là où ils les voient en place, dans l'ectoplasme (Maupas, 1883). A peu près identique l'opinion exprimée par Schewiakoff (1889). Mais comme les trichocystes se trouvent aussi dans l'endoplasme, d'autres auteurs ont cherché là leur origine : Mitrophanow (1905), Brodsky (1908). La théorie chromidiale devait, comme dans tant d'autres cas difficiles, fournir sa solution stéréotypée : Tönniges (1914).

C'est la thèse de l'origine endoplasmique qui semble avoir prévalu auprès

(¹) Séance du 5 octobre 1931.

des classiques (Reichenow, 1927) ([1]). Il faut cependant mentionner l'opinion toute récente de Klein ([2]) qui tient les trichocystes, comme les cils eux-mêmes, pour des émanations du réseau argentophile qu'il a fait connaître chez beaucoup d'Infusoires.

Les observations dont nous exposons ici les résultats vont catégoriquement à l'encontre de l'une et l'autre de ces dernières thèses. Elles concernent plusieurs genres de Fœttingeriidés ([3]) : *Gymnodinioïdes* et formes voisines (*Synophrya* et *Phoretophrya*), *Polyspira* qui ont de véritables trichocystes capables de détente, *Fœttingeria* qui a des trichites non détensibles, et *Phtorophrya* qui possède deux trichocystes différenciés analogues aux stades jeunes des cnidocystes du *Polykrikos* ou cnidoplastes. Sauf chez la *Phtorophrya*, trichocystes et trichites n'existent qu'à certains stades du cycle. Ils naissent par poussée simultanée, fait éminemment favorable à l'étude de leur genèse. Plus tard, ils sont résorbés.



La trichocystogenèse la plus simple est celle qui s'observe dans les petits ciliés résultant de la multiplication, les tomites. Ils sont d'abord dépourvus de trichocystes; leurs stries ciliaires sont formées d'une file unique de blépharoplastes constitués, comme nous l'avons montré ([4]), par un granule infraciliaire accompagné d'un corpuscule ciliaire (*fig.* 1*a*). Elles sont longées à leur droite et à quelque distance par un cordon argentophile. Au début de la trichocystogenèse, chaque granule infraciliaire se dédouble vers

([1]) *Lehrbuch d. Protozoenkunde* (G. Fischer, Iena, 1927).

([2]) Klein, *Art. f. Protist.*, 65, 1929, p. 183.

([3]) E. Chatton et A. Lwoff, *Bull. Soc. Zool. France*, 55, 1930, p. 293.

([4]) E. Chatton, A. Lwoff et M. Lwoff, *C. R. Soc. Biol.*, 107, 1931, p. 560.

la gauche de la strie, les deux granules restant unis par une desmose (*fig.* 1 *b*). La strie dédoublée présente ainsi à gauche de sa file de blépharoplastes, et, par conséquent, tout à fait indépendante du cordon argentophile, une file de *trichocystosomes*. De chacun de ceux-ci pousse progressivement vers la profondeur un pivot qui est le trichocyste et au sommet duquel le trichocystosome persiste (*fig* 1 *c*). Les trichocystes de cette poussée sont résorbés au cours de l'évolution du tomite en phoronte. Chez le *Gymnodinioïdes* et les formes voisines, il n'y a que cette seule période de trichocystogenèse.

Chez la *Polyspira Delagei*, il y a deux trichocystogenèses, l'une dans le tomite et qui est conforme à ce que nous venons de décrire, l'autre dans le tomonte, avant le début de la multiplication. Celle-ci se complique du fait que les trichocystosomes primaires, une fois formés par le processus ci-dessus décrit, se divisent à leur tour, produisant un ou plusieurs trichocystosomes secondaires (*fig.* 2). Ceux-ci pour la plupart restent unis au premier en formant des chaînettes, mais un certain nombre s'en séparent et émigrent entre les stries. Les uns et les autres produisent des trichocystes semblables à ceux du *Gymnodinioides*, mais qui sont naturellement plus nombreux. Ils sont résorbés à la fin de la multiplication.

Chez la *Fœttingeria actiniarum*, les trichocystes sont remplacés par des trichites plus ténus et beaucoup plus nombreux. Quoiqu'ils diffèrent à bien des égards des premiers, ils se forment exactement de la même manière; mais dans le trophonte la prolifération des *trichitosomes* primaires est encore plus poussée que chez la Polyspire, et leur migration au large de la strie ciliaire plus fréquente (*fig.* 3). Beaucoup de ces trichites sont entraînés dans l'endoplasme, et ce phénomène devient massif au moment de l'enkystement. Cependant les trichitosomes demeurent un certain temps en surface avant de dégénérer à leur tour. Il y a une deuxième trichitogenèse dans les tomites.

Les deux cnidoplastes de la *Phtorophrya* sont endoplasmiques. En raison des difficultés de l'étude de cette très petite forme, endoparasite des *Gymnodinioides*, nous n'avons pu suivre leur genèse. Il se peut qu'ils prennent naissance, comme les précédents, à partir d'une granule infraciliaire. Mais le fait qu'en plein endoplasme, ils montrent à leur extrémité un corpuscule qui semble être un trichocystosome, nous fait penser qu'ils pourraient, comme les cnidocystes du *Polykrikos* [1], se multiplier autogénétiquement

[1] E. Chatton, *Arch. Zool. expér. et gén.*, 54, 1914, p. 157.

dans l'endoplasme, ayant perdu ainsi toute relation génétique avec l'infraciliature superficielle.

Concluons : 1° Les trichites et les trichocystes sont formés par poussée à partir de trichocystosomes procédant eux-mêmes du dédoublement et par conséquent frères, des granules infraciliaires des blépharoplastes. Ils sont complètement indépendants à tous les stades de leur genèse des cordons ou du réseau argentophile.

2° Ce sont, les uns et les autres, des dérivés de la cinétide, puisque, selon nous, le granule infraciliaire est l'équivalent d'un cinétosome; et comme tels, ils doivent entrer dans la même catégorie cytologique que les cnidocystes dont, chez le *Polykrikos*, Chatton a montré qu'ils se développent autogénétiquement à partir d'un cnidosome homologue d'un cinétosome. D'ailleurs, par leur structure même, les trichocystes (ou cnidoplastes) différenciés et peut-être autonomes, de la *Phtorophrya*, font passage aux cnidocystes.

3° Trichites, trichocystes, cnidocystes, étant des dérivés, à divers degrés de différenciation et d'autonomie, de la cinétide, il n'y a plus lieu de s'étonner de les voir exister, les uns et les autres, ou même coexister parfois, chez les Ciliés, chez les Flagellés et dans les cellules où la cinétide est réduite au seul centrosome : plasmode des *Syndinium*, cnidoplastes des Cnidosporidies et des Cœlentérés.

4° On peut prévoir qu'il est des formes où l'ensemble des trichocystosomes (trichocystome) a perdu ses relations génétiques primitives avec l'ensemble des granules infraciliaires (cinétome) et constitue un système indépendant doué de continuité génétique.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur la fluorescence et spécialement les spectres de fluorescence des pigments du groupe de l'urobiline.* Note de MM. **Ch. Dhéré** et **J. Roche**, présentée par M. Louis Lapicque.

La fluorescence *verte* que montre, en présence des sels de zinc et dans un solvant convenable, l'urobiline urinaire ou fécale, est une des propriétés les plus remarquables et les plus connues de ce pigment, dont l'individualité chimique est fort controversée. Nous avons étudié le spectre de fluorescence de cette urobiline (extraite de matières fécales) en utilisant une préparation

particulièrement pure de M. le Dr Terwen (¹). Nous avons pu aussi disposer, pour nos recherches fluoroscopiques, d'échantillons d'un urobilinogène pur (mésobilirubinogène préparé par M. Hans Fischer) ainsi que de mésobiliviolihe et de mésobilirubine. Ces trois derniers produits constituent des termes pouvant conduire de la bilirubine à l'urobiline (ou plus exactement à *une* urobiline, en admettant la pluralité des urobilines).

Examinés, à l'état solide, dans le rayonnement violet et ultraviolet d'un puissant arc entre charbons ou dans le rayonnement ultraviolet filtré ($\lambda\,365^{m\mu}$) d'une lampe à vapeur de mercure, la mésobilirubine, le mésobilirubinogène et surtout l'urobiline montrent une fluorescence *rouge* tout à fait frappante (²). Dans les mêmes conditions d'irradiation, la mésobiliviolihe, le mésobilirubinogène et l'urobiline, en solutions alcooliques additionnées d'acétate de zinc, fournissent des liqueurs possédant des fluorescences très intenses : d'un vert plus ou moins jaune pour la mésobiliviolihe et le mésobilirubinogène ; d'un vert relativement franc pour l'urobiline.

Les fluorescences vertes et les spectres d'absorption des complexes zinciques obtenus à partir de la mésobiliviolihe et du mésobilirubinogène ont été déjà indiqués par H. Fischer (³). Voici nos résultats (⁴), entièrement nouveaux, pour les spectres de fluorescence (solutions alcooliques additionnées d'acétate de zinc et d'une trace d'acide acétique) :

1° *Dérivé de la* MÉSOBILIVIOLINE (complexe *zincique*).

Bandes d'*absorption* (λ en mμ).		Bandes de *fluorescence* (λ en mμ).	
I.........	635,8-622,7. Axe 629,2	I.........	660,2-620,6. Axe 640,4
II........	580,0-564,9. Axe 572,5	II........	600,5-584,2. Axe 592,3
III.......	519,3-491,0. Axe 505,1	III.......	563,3-542,7. Axe 553,0
La bande II est relativement faible.		IV.......	525,1-506,0. Axe 515,5

(¹) A. J. L. TERWEN, *Deutsches Archiv f. Klinische Med.*, 149, 1925, p. 93.

(²) La mésobiliviolihe (bien sèche) n'est pas fluorescente.

(³) H. FISCHER et G. NIEMANN, *Zeitschr. f. physiol. Chem.*, 137, 1924, p. 293; et 146, 1925, p. 196.

(⁴) Déterminations spectrographiques (dispersion par deux prismes) sur plaques *Ilford special rapid panchromatic* dont la sensibilité chromatique diffère notablement de celle de la rétine. Excitation de la fluorescence par des radiations comprises entre 420 et $335^{m\mu}$ environ.

Ordre des intensités décroissantes pour les bandes de fluorescence : I, IV, III, II. La bande III doit probablement être rattachée à la bande IV.

2° *Dérivé du* MÉSOBILIRUBINOGÈNE (complexe *zincique*).

Bandes d'*absorption*.			Bandes de *fluorescence*.		
I............	637-621.	Axe 629	I.........	645,2-621,1.	Axe 633,1
II............	»	Axe 576	II........	615,4-586,0.	Axe 600,7
III...........	517-498.	Axe 507,5	III.......	561,7-539,5.	Axe 550,6
Les bandes I et II sont très faibles.			IV.......	526,8-515,0.	Axe 520,9

La bande IV de fluorescence est de beaucoup la plus forte. La bande III est assez forte et se confond avec la bande IV, en une seule bande forte, quand on prolonge la durée de l'enregistrement photographique du spectre. Ce n'est qu'avec des poses relativement longues qu'on voit apparaître la bande I ainsi que la bande II qui, elle, est très faible et difficile à enregistrer.

Il faut bien noter que le produit fluorescent (complexe zincique) dont nous parlons ne contient plus du mésobilirubinogène, mais une urobiline (ou un produit intermédiaire?) résultant de la transformation du mésobilirubinogène par action combinée de la lumière et de l'oxygène de l'air ([1]).

3° UROBILINE (complexe *zincique*). — Les spectres d'absorption et de fluorescence sont assez semblables à ceux obtenus à partir du mésobilirubinogène; mais les bandes d'absorption I (axe 631 environ) et II (axe 582 environ) sont bien moins marquées. Quant au spectre de *fluorescence*, il est essentiellement constitué par une très forte bande dans le vert, comprise entre 527 et 516 (axe 521,5); bande qui, du côté du rouge, se continue, après un léger minimum diffus, par une lueur assez forte. Cette lueur, qu'on ne peut guère considérer comme une bande distincte ([2]), doit — avec la bande verte très brillante — correspondre à la bande principale d'absorption qui est comprise entre 520 et 484 (axe 502). Avec des poses croissantes, en même temps que la fluorescence se prolonge dans l'orangé, atteignant et dépassant 610, on voit apparaître dans le rouge orangé un renforcement qui forme une seconde bande distincte, bien que très faible. L'axe de cette bande est d'abord sur λ 633, puis arrive sur λ 637.

([1]) Cf. A. J. L. TERWEN, *Abderhalden's Handb. der biol. Arbeitsmeth.*, Abt. IV, Teil 5 I, 1930, p. 669.

([2]) La démarcation se voit mieux en milieu alcoolique *alcalin* ($ZnCl^2 + NH^4OH$).

Il existe une autre catégorie de combinaisons fluorescentes que l'on obtient, avec plusieurs de ces pigments, par addition de sublimé en liqueur alcoolique. Le seul de ces complexes *mercuriques* connu jusqu'à présent était celui dont A. Schmidt [1] a signalé l'existence (hydrobilirubine et sublimé). Nous avons constaté que cette réaction, effectuée avec la mésobilivioline et le mésobilirubinogène, donne naissance à des corps possédant une belle fluorescence saumon. Avec la mésobilivioline, le spectre d'absorption présente trois bandes : sur λ 611, λ 563 et λ 507; les bandes du spectre de *fluorescence* étant sur λ 640 et λ 554. Avec le mésobilirubinogène, les trois bandes d'absorption sont respectivement sur λ 620, λ 570 et λ 515 ; les bandes de *fluorescence* étant sur λ 635,5 et λ 554,5. Les bandes de fluorescence dans l'orangé sont bien fortes; celles dans le vert sont très faibles. Traitées de la même façon, l'urobiline de Terwen ainsi que de l'hydrobilirubine préparée par réduction très poussée n'offraient pas de fluorescence notable.

PARASITOLOGIE. — *Parasitisme bactérien et symbiose chez* Aphis atriplicis *L.* Note de M. **A. Paillot**, présentée par M. P. Marchal.

La présence simultanée, dans l'organisme du Puceron, des symbiotes ordinaires de forme arrondie (formes dites levures) et des bactéries typiques d'où ils tirent leur origine, peut être observée dans un certain nombre d'espèces. D'une manière générale, les bactéries se multiplient dans le sang mais elles peuvent également parasiter certains organes, en particulier le tube digestif (*Aphis mali*, *Chaitophorus lyropictus*). L'étude de la symbiose chez le Puceron noir du Chénopode (*Aphis atriplicis* L.) nous a permis de mettre en évidence une nouvelle forme de parasitisme.

Les bactéries symbiotiques normales paraissent avoir été observées pour la première fois en 1888 par Krassilstchik; elles sont représentées par des éléments bacillaires fusiformes mesurant en moyenne 4 à 5^{μ} de long sur 0,6 à 0^{μ},7 de large; après coloration par le giemsa, la partie moyenne apparaît claire, le colorant se fixant seulement aux deux extrémités.

De grandes variations peuvent être observées dans le degré d'infestation

(1) A. Schmidt, *Verhandl. d. Congresses f. innere Med.*, 13, 1895, p. 320.

des Pucerons suivant le stade de développement et l'époque à laquelle ils vivent. Sur frottis obtenus à partir de très jeunes femelles parthénogénétiques et colorés par le giemsa, les bacilles sont relativement peu nombreux; chez les femelles adultes au contraire, ces mêmes bacilles sont souvent extrêmement abondants. Nous n'avons pu déterminer encore la cause de l'aggravation de l'infection bactérienne; on peut supposer que cette aggravation est sous la dépendance de facteurs intrinsèques et des facteurs atmosphériques.

Sur les frottis obtenus par dilacération sur lame de verre de Pucerons fortement parasités, on observe, après coloration au giemsa, de très grandes variations dans la forme des éléments bactériens et dans leur colorabilité : à côté d'éléments bacillaires normaux présentant les caractères morphologiques décrits plus haut, on observe des éléments de plus en plus ténus jusqu'à la limite de visibilité; vers cette limite, les bacilles sont très mal colorés et ne présentent pas de contours nets: il s'agit là, très vraisemblablement, d'éléments microbiens en voie de lyse; les progrès de l'infection seraient donc enrayés par une réaction d'immunité de type humoral. Ce n'est d'ailleurs pas la seule que l'on observe: sur les mêmes frottis, en effet, on constate la présence de bacilles géants mesurant 10 à 15^{μ} de long dont la partie médiane se renfle pour donner naissance à une forme géante analogue à celles que nous avons décrites chez d'autres espèces de Pucerons et qui se transforment directement en symbiotes ordinaires par résorption des deux prolongements bacilliformes. L'étude histologique montre que cette transformation est surtout intense à l'intérieur des tissus.

Si l'on examine une coupe de Puceron très infecté après coloration au giemsa, on constate la présence de nombreux bacilles, non seulement dans la cavité générale, mais aussi à l'intérieur des cellules sanguines et des cellules adipeuses; on peut observer parfois aussi la présence d'amas bactériens à la surface des mycétocytes, mais ceux-ci ne sont jamais aussi volumineux ni aussi abondants que chez certaines espèces étudiées précédemment (*Macrosiphum jaceæ* par exemple). Dans les cellules adipeuses, les bacilles constituent des amas arrondis plus ou moins volumineux noyés dans la couche protoplasmique homogène à leur niveau. Dans beaucoup de ces amas microbiens, on constate la présence simultanée de bacilles normaux, de formes de passage et de symbiotes vrais; les mêmes constatatious peuvent être faites dans les cellules sanguines. Cellules adipeuses et sanguines fonctionnent donc comme des mycétocytes. Il y a lieu de noter tou-

tefois que la présence de microbes ne détermine pas d'hypertrophie cellulaire comme cela se produit fréquemment dans les mycétocytes vrais.

Le mécanisme de la symbiose chez *A. atriplicis* apparaît donc plus complexe que chez les différentes espèces de Pucerons que nous avons étudiées jusqu'ici. Le processus normal d'infection paraît se dérouler de la manière suivante chez la femelle vivipare adulte : il y a d'abord multiplication intense des bacilles dans le sang et pénétration dans certaines cellules de l'organisme par un processus analogue et probablement identique à celui de la phagocytose; la multiplication exagérée des bactéries déclenche des réactions d'immunité de type humoral qui rétablissent l'équilibre entre l'hôte et son parasite : bactériolyse intense dans le sang; production de formes de croissance, puis de symbiotes vrais, principalement à l'intérieur des cellules parasitées et au niveau des mycétocytes. Les faits que nous avons mis en évidence constituent de nouveaux arguments à l'appui de la thèse que nous avons exposée antérieurement sur l'origine bactérienne des symbiotes de Pucerons et sur l'assimilation des phénomènes de symbiose aux processus d'immunité antimicrobienne.

La séance est levée à $15^h 55^m$.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'aout 1931.

Madagascar. Exposition coloniale internationale 1931. Paris, Imprimerie Nationale, 1931; 1 vol. 28cm,5.

Mollusques terrestres et fluviatiles, par Louis Germain. In *Faune de France*, tome 22. Paris, Paul Lechevalier, 1931; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. Bouvier.)

Assainissement atmosphérique des grandes Cités par ventilation artificielle. Leur protection contre les gaz, par Albert Villiamier. Pontarlier, Camille Faivre, 1931; 1 fasc. 21cm.

La minéralogie de la France d'Outre-Mer (départements algériens, colonies, protectorats) au Muséum national d'histoire naturelle, par A. Lacroix. In *Bulletin du Muséum national d'histoire naturelle*, 2e série, tome III, 1931. Paris, Masson; 1 fasc. 25cm.

Ouvrages reçus pendant les séances de septembre 1931.

Memorie e comunicazioni scientifiche (1894-1930), par Cesare Serono. Roma, Istituto nazionale medico farmacologico Serono, 1931; 1 vol, 26cm,6.

Ministère des colonies. *Mission de prospection des forces hydrauliques de l'Afrique équatoriale française*. P. Darnault, ingénieur, chef de mission. *Rapport d'ensemble*. Préface de M. Antonetti. Paris, Libraire Larose, 1931; 1 vol. 28cm,5. (Présenté par M. P. Janet.)

L'Inde française. Paris, Exposition coloniale, 1931; 1 vol. 28cm,5.

Les marées des Océans, par M. J. Schokalsky. Moscou, 1931. 1 vol. 17cm,5. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Travaux de la deuxième conférence géodésique (11-14 *avril* 1927) rédigés par MM. J. Schokalsky et A. Mikhailov. Moscou, Édition Planchosgiz, 1930; 1 vol. 21cm. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Tuberculose. Contagion, Hérédité, 2e édition par Auguste Lumière. Lyon, Joannès Desvigne et Cie, 1931; 1 vol. 21cm,5.

Union géodésique et géophysique internationale. Section de séismologie. Comptes rendus des séances de la quatrième conférence réunie à Stockholm du 14 *au* 23 *août* 1930, rédigés par M. E. Rothé. Toulouse, Édouard Privat, 1931; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Notice historique sur les travaux géodésiques et cartographiques effectués au Danemark, par N. E. Nörlund. Helsinki, Osakeyhtio Weilin et Göös Aktiebolag, 1931 ; 1 fasc. $24^{cm},5$.

ERRATA.

(Séance du 5 octobre 1931.)

Note de MM. *André Meyer* et *Robert Vittenet*, Azométhines de l'homophtalimide et de ses dérivés N-arylés :

Page 532, rectifier comme suit la formule de l'iminophtalonimide :

C=NH
CO
N—H
CO

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 OCTOBRE 1931.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS DE LAUNAY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de la Toussaint, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 3 au lieu du lundi 2 novembre.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **William Herbert Hobbs**, professeur de l'Université de Michigan, à Ann Arbor, et à M. **Maurice Kraïtchik**, professeur à l'Institut des Hautes Études de Bruxelles, qui assistent à la séance.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la réduction de la soude.* Note de M. **P. Villard**.

J'ai précédemment fait connaître que l'hydrogène réduit facilement la soude ainsi que le silicate de sodium, et expliqué par cette réduction la dévitrification du verre dans le travail au chalumeau [1]. Il pouvait être intéressant d'étudier l'action, sur la soude et la potasse, de quelques métaux ayant un pouvoir réducteur comparable à celui de l'hydrogène.

L'appareil utilisé dans ce but se composait simplement d'un tube en verre extrêmement peu fusible, de 10^{mm} de diamètre intérieur environ, chauffé électriquement sur une quinzaine de centimètres, et sur lequel étaient pratiqués deux ou trois renflements destinés à retenir les produits de la réaction, entraînés par un courant d'azote ou d'hydrogène secs, ou d'un mélange des deux. Des étirages permettaient, à la fin d'une

---

[1] *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 969; 190, 1930, p. 1329.

opération, de fermer, avec un chalumeau à main, l'extrémité de sortie en pointe allongée, puis de séparer par fusion, sans rentrée d'air possible, l'ensemble des ampoules, ou seulement la dernière par exemple. On pouvait ensuite faire le vide, sans crainte d'introduire de l'air, en brisant la pointe dans un caoutchouc à vide relié à une pompe en marche, puis sceller sur un étirage préparé.

Le métal à essayer, en fils, limaille grossière, ou granules était placé dans une feuille de métal roulée, argent, cuivre, parfois fer, dispositif qui formait tube jointif tout en permettant la dilatation.

Dans le cas où cela était possible, le métal était oxydé dans le tube, pour détruire toute trace de matière carbonée, puis réduit par l'hydrogène et refroidi dans l'azote.

Au moment de faire l'expérience un fragment de soude bien déshydratée était introduit, que la feuille de métal roulée empêchait de venir attaquer le verre.

Les résultats ont été les suivants :

Manganèse. Ferro-manganèse. — Le manganèse est le métal de choix pour la réduction des hydrates alcalins.

Avec la soude, dans un courant d'azote, on obtient assez rapidement, dès 600°, un dépôt miroitant de sodium à la suite de la région chauffée, et il suffit d'approcher de 700° pour avoir une vitesse de réaction satisfaisante. Dans ces conditions, une fraction importante du sodium reste mélangée au manganèse, et, en jetant celui-ci dans l'eau après refroidissement, on voit des globules de sodium flotter à la surface et s'enflammer s'ils s'immobilisent sur les bords du vase.

En même temps que le sodium, qui se condense facilement, se dégagent des fumées très difficiles à retenir, et dont une grande partie s'échappe au dehors; elles sont constituées par de l'hydrure de sodium, formé aux dépens de l'hydrogène de la soude. De là résulte que si, loin de la région où se condense le sodium, on chauffe le tube, aussitôt l'atmosphère intérieure de celui-ci devient opaque pour la lumière du sodium, et cette opacité peut même être observée en dehors du tube, sous la forme d'un cône noir, si l'on chauffe près de la sortie des gaz. On peut recueillir un peu de ces fumées dans un petit ballon indépendant, disposé de manière à pouvoir être scellé pendant que le courant d'azote y pénètre; chauffant ensuite ce ballon, on le voit devenir opaque pour la lumière d'une flamme sodée; par refroidissement l'hydrure se reforme.

L'expérience terminée, et les ampoules ayant été vidées de gaz et scellées, on constate qu'en les chauffant le dépôt blanchâtre laissé par les fumées se résout en un miroir de sodium.

On peut, avec le manganèse, remplacer l'azote par de l'hydrogène; l'oxyde de manganèse étant irréductible par ce gaz, au moins jusqu'à

1300° (Moissan), la formation de cet oxyde n'est nullement gênée par la présence de l'hydrogène qui se comporte dès lors comme un gaz inerte, favorisant simplement la production d'hydrure.

Le ferro-manganèse riche peut parfaitement remplacer le manganèse. Avec cet alliage, j'ai obtenu facilement du potassium, et l'on pourrait certainement préparer de même du rubidium et du cæsium.

Chrome. — Ce métal, dont l'oxyde est irréductible par l'hydrogène, devrait se comporter à peu près comme le manganèse; en fait on observe bien la réduction de la soude, mais la réaction ne commence guère avant 750°, et ne devient quelque peu rapide qu'au delà de 800°.

Fer. — En 1896, Sheurer-Kestner (1) signalait qu'au-dessus de 200° la soude attaque le fer. En 1925, MM. Hackspill et Grandadam (2) ont montré que les hydrates et sels minéraux alcalins sont facilement réduits par le fer dans le vide. Il pouvait être intéressant d'étudier cette réduction dans d'autres conditions. J'ai utilisé des fers divers, et en particulier un fer presque pur, et dont la composition m'était connue. Ce métal, en grosse limaille, a été placé dans une feuille roulée en tôle Armco, oxydé, puis réduit et refroidi dans l'azote.

L'action du fer sur la soude est très comparable à celle du manganèse, et, dans le courant d'azote, on commence à obtenir, dès le rouge le plus sombre, du sodium et de l'hydrure de sodium. La réaction est toutefois beaucoup moins rapide, et il convient de chauffer jusque vers 750°. L'expérience terminée, on constate que le fer s'est oxydé.

Ce réducteur se prête à des observations d'équilibres chimiques d'un certain intérêt. Si, par exemple, on ajoute à l'azote un peu d'hydrogène, on arrive aisément à ce qu'il ne se forme plus que de l'hydrure de sodium. En augmentant le pourcentage de l'hydrogène, on voit disparaître à son tour le dégagement de fumées d'hydrure. On observe cependant encore la présence de vapeur de sodium à la suite de la région chauffée, comme dans la réduction de la soude par l'hydrogène, mais aucune matière réduite ne se dépose. La raison en est qu'en présence d'oxyde de fer chauffé l'hydrogène tend à prendre, pour chaque température, un état hygrométrique défini; un équilibre tend à s'établir, mais le renouvellement continuel du gaz s'oppose à ce qu'il en soit ainsi, et toute trace d'oxyde de fer qui se

---

(1) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, 15, 1896, p. 1250.
(2) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 70.

forme est réduite aussitôt. L'oxydation du métal ne pouvant ainsi être que transitoire, ce métal devient pratiquement inerte, et, à la fin de l'expérience, on constate en effet qu'il ne s'est pas oxydé. Dans ces conditions, il n'est pas possible d'obtenir un dépôt de sodium, celui-ci étant accompagné de la quantité de vapeur d'eau équivalente.

On peut également produire d'abord, dans l'azote, un dépôt de sodium, puis substituer l'hydrogène à l'azote. Aussitôt on voit le sodium se transformer en soude sous l'action de la vapeur d'eau provenant de la réduction de l'oxyde de fer qui s'était formé. La transformation du sodium en soude est d'ailleurs toujours complète parce qu'une partie de ce métal a été entraînée au dehors à l'état d'hydrure, et que la vapeur d'eau, dont la quantité équivaut au sodium *total*, est ainsi en excès par rapport au métal déposé.

Si l'on rétablit le courant d'azote, on voit reparaître un dépôt de sodium, qui disparaîtra comme précédemment dès qu'arrivera de l'hydrogène, et ces phénomènes peuvent facilement s'observer en un temps assez réduit pour que l'expérience soit réalisable dans un cours.

Ces faits suffisent à expliquer pourquoi le procédé de Gay-Lussac et Thénard donne toujours un mauvais rendement. La présence inévitable d'hydrogène (surtout si la soude ou la potasse est mal déshydratée) s'oppose à l'oxydation du fer et, comme l'a montré Deville, il est nécessaire que la température de l'appareil soit notablement plus basse vers la sortie qu'à l'entrée, afin d'abaisser le degré hygrométrique d'équilibre de l'hydrogène.

Le rendement du procédé de Gay-Lussac et Thénard serait considérablement amélioré par l'emploi d'un courant d'azote, et les résultats précédents montrent qu'une température bien inférieure à celle du rouge blanc, et uniforme, convient alors parfaitement.

Cobalt. Nickel. — On observe facilement, avec ces métaux, la production de vapeur de sodium entre 600° et 750°, donc au-dessous de la température à laquelle commence à se manifester la dissociation de la soude, mais on n'obtient aucun dépôt de sodium, et le cobalt ou le nickel ne s'oxydent pas. Il est vraisemblable qu'en raison de la présence de l'hydrogène provenant de la soude, et de la facilité avec laquelle se réduisent les oxydes de ces deux métaux, on se trouve dans les conditions où le rendement du procédé de Gay-Lussac est nul, ce d'autant plus sûrement que la température est uniforme.

Zinc. — Ce métal est plus oxydable que le fer, et l'on a même, pendant longtemps, considéré son oxyde comme irréductible par l'hydrogène. En

1855 seulement, Rivot, professeur à l'École des Mines, montra qu'en renouvelant rapidement ce gaz la réduction a lieu; c'est une simple question d'équilibre chimique.

Il semblerait qu'un corps aussi oxydable devrait réduire la soude; il n'en est cependant rien, et cela paraît tenir à la très grande volatilité du zinc, laquelle explique également que l'oxyde soit, comme on le sait, réductible par le fer. J'ajouterai que la réduction de l'oxyde de zinc, aisément réalisable par le fer, dès 625°, s'obtient également avec le cobalt avant 700°, et même, vers 750°, avec le nickel, ce qui suffit à faire comprendre que le zinc ne puisse pas déplacer le sodium.

Tungstène. — L'anhydride tungstique est aisément réduit par l'hydrogène; il l'est également par le zinc et la réaction est exothermique ([1]). Mais le tungstène ne présente, au-dessous de 2000°, aucune volatilité appréciable, et l'expérience montre qu'il réduit la soude si facilement que l'on peut, comme avec le manganèse, opérer indifféremment dans l'azote ou dans l'hydrogène. Il paraît d'ailleurs y avoir, ici encore, une question d'équilibre, puisque, d'après Ditte, le sodium réduit l'anhydride tungstique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Nouvelles remarques relatives à l'influence des gaz occlus sur les propriétés mécaniques des produits métallurgiques.* Note de MM. **Léon Guillet, Albert Roux et Jean Cournot.**

MM. Guichard, Claussmann, Billon et Lanthony ([2]) concluent à l'indépendauce absolue entre la dureté du fer électrolytique et sa teneur en hydrogène; d'après eux, cette dureté est uniquement fonction de la finesse physique de structure.

Dans une Note ultérieure ([3]), nous avons exposé un point de vue quelque peu différent contre lequel les mêmes auteurs se sont élevés dans une nouvelle Note ([4]); leurs essais prouveraient que le fer électrolytique perd *la totalité* de son hydrogène occlus par chauffage de 24 heures à 250°, ce traitement n'abaissant en rien la dureté initiale; il faudrait, pour constater un adoucissement, atteindre des températures plus élevées où l'hydrogène n'intervient plus puisqu'il est déjà totalement éliminé.

([1]) M. Delépine, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, **23**, 1900, p. 675.
([2]) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 623.
([3]) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 787.
([4]) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1096.

Nous avons exécuté de nouvelles expériences en adoptant le processus opératoire de MM. Guichard, Claussmann, Billon et Lanthony; nous avons utilisé pour cela notre appareillage à double enceinte à vide, nous mettant ainsi à l'abri de toute erreur expérimentale, ainsi que l'ont prouvé les résultats déjà publiés par deux d'entre nous ([1]).

Nous sommes partis de cathodes de fer électrolytique industriel courant, de $2^{mm},5$ d'épaisseur; les éprouvettes pesaient 14^{g} environ; leur dureté initiale était de 150 Brinell (bille de 2^{mm} de diamètre, sous charge de 120^{kg}); voici les résultats que nous avons obtenus par mesures directes et simultanées de dureté et de concentration en hydrogène :

Traitement effectué.	Dureté Brinell.	Pour 100g de métal. Volume gazeux total dégagé.	Hydrogène dégagé.
		cm³	cm³
1. Chauffage de 24 heures à 350°.......	150	35,7	6,8
2. Sur éprouvettes traitées comme 1 : chauffage de 3 heures à 600°......	140	22,1	7,6
3. Sur éprouvettes traitées comme 2 : chauffage de 3 heures à 800°......	93	41,0	10,6

les derniers volumes d'hydrogène, de $7^{cm^3},6$ et $10^{cm^3},6$ sont ceux dégagés pendant les seuls chauffages de 3 heures à 600° et 850° respectivement, abstraction faite de l'hydrogène antérieurement éliminé.

Ces nouveaux résultats sont tout à fait probants et confirment pleinement les conceptions exposées dans notre Note antérieure. On voit que la totalité de l'hydrogène occlus est bien loin d'être dégagée avant que la dureté commence à descendre : nons avons même réussi, pour le chauffage de 24 heures, à atteindre la température de 350° sans que la dureté baisse; et pourtant nous avons par la suite, aux températures plus élevées, extrait encore un volume d'hydrogène, presque triple de celui déjà obtenu, et il restait encore de ce gaz dans le métal après ces trois chauffages.

Nous répétons donc *qu'il est impossible de certifier* que « la dureté du fer électrolytique est *totalement* indépendante de la teneur en hydrogène ». Reprenant les termes de notre Note, nous croyons plutôt que l'hydrure, s'il existe sous cette forme aciculaire bien visible au microscope, se dissocie au-dessous de 250°; au-dessus il reste de l'hydrogène en solution qui, bien

([1]) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 717,

qu'en faible quantité, élève fortement la dureté, effet courant et bien connu en de telles solutions.

La stabilité de dureté jusqu'à 350° s'expliquerait par une compensation entre, d'une part, la dissociation de l'hydrure en aiguilles et la disparition partielle des tensions d'électrolyse, d'autre part une rentrée en solution de partie de l'hydrogène provenant de la dissociation; il se peut aussi que l'hydrure précipite à nouveau; mais sous un état très divisé; à plus haute température, le dégagement de l'hydrogène hors de la solution solide apporterait sa contribution à l'abaissement de dureté; l'absence de diagramme fer-hydrogène ne permet pas de préciser plus exactement l'évolution du système.

En plus de sa confirmation par nos expériences, cette théorie est en accord avec les aspects micrographiques lesquels sont très caractéristiques et qu'il n'est pas possible, à notre avis, d'écarter bénévolement. Elle est en accord également avec les notions théoriques et expérimentales diverses énumérées dans notre précédente Note et qui n'ont pas été discutées.

Les dépôts électrolytiques dépendent d'un trop grand nombre de facteurs et sont obtenus par des opérations trop complexes pour que des explications simplistes ne risquent pas de laisser place à l'erreur; les occlusions gazeuses en particulier influent trop sur les structures des dépôts pour ne pas justifier l'hypothèse de leur influence partielle sur certaines propriétés finales.

M. **Ch. Fabry** fait hommage à l'Académie d'un volume intitulé Cours de l'École polytechnique. *Cours de Physique*.

M. **P. Pascal**, par l'organe de M. **H. Le Chatelier**, fait hommage à l'Académie du Tome I du *Traité de Chimie minérale*, publié sous sa direction; Secrétaire général Paul Baud.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité des 51 suffrages exprimés, M. **Émile Picard** est présenté à nouveau au choix de l'Institut pour faire partie du *Conseil supérieur de l'Instruction publique*.

PLIS CACHETÉS.

M. **P. L. J. Forest** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 24 août 1931 et enregistré sous le n° 10476.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée *Dactylophone Forest* (Machine à parler).

(Renvoi à l'examen de M. A. d'Arsonval.)

CORRESPONDANCE.

Mme **Z. Gruzewska**, sculpteur, fait hommage à l'Académie d'un buste de *A. Dastre* et d'un bas-relief de M. *L. Mangin*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Naturvetenskapens Matematiska Principer*, av Isaac Newton. Traduction suédoise par C. V. L. Charlier. Tomes II et III.

2° *La théorie des quanta, l'atome de Bohr. La mécanique analytique et les quanta. Les spectres des multiplets*, par Léon Brillouin.

3° Congrès géologique international (XIVe Session, Espagne, 1926). *Bibliographie générale*. Préface de M. César Rubio y Muñoz.

4° Études et observations faites au cours du Congrès géologique international (XIVe Session, Espagne, 1926), publiées sous la direction de M. J. Marcet Riba : Divers fascicules des volumes I-V et *Géologie de la Méditerranée occidentale*, volumes I et II.

5° Inspection générale des Mines et de l'Industrie de l'Indochine. *L'Industrie minérale en Indochine*.

6° *Le climat de l'Indochine et les typhons de la mer de Chine*, par E. Bruzon et P. Carton.

GÉOMÉTRIE. — *Congruences isotropes et surfaces minima.* Note [1] de M. **P. Vincensini.**

On sait que l'enveloppée moyenne d'une congruence isotrope quelconque est une surface minima.

Je me propose dans cette Note d'indiquer un nouveau mode de construction des surfaces minima à partir des congruences isotropes.

Incidemment je donnerai une interprétation géométrique de la fonction *caractéristique* de Weingarten relative aux déformations infiniment petites de la sphère.

Prenons comme surface de départ d'une congruence isotrope, sa *surface moyenne* (θ). Soient x, y, z les coordonnées d'un point quelconque de (θ); X, Y, Z les cosinus directeurs d'un rayon quelconque de la congruence. Toutes ces quantités sont fonctions des deux variables u et v.

Supposons la représentation sphérique de la congruence [sur la sphère (S) de rayon 1] orthogonale, et soit

$$ds^2 = \mathrm{E}\,du^2 + \mathrm{G}\,dv^2$$

l'élément linéaire de (S).

Comme on sait, (θ) et (S) se correspondent par orthogonalité des éléments linéaires. On a donc

$$\mathrm{S}\,dx\,d\mathrm{X} = 0. \tag{1}$$

On déduit simplement de (1), en désignant par $2d$ le *module* du segment focal porté par le rayon (u, v) de la congruence isotrope envisagée,

$$d = -\frac{\mathrm{S}\dfrac{\partial \mathrm{X}}{\partial v}\dfrac{\partial x}{\partial u}}{\sqrt{\mathrm{EG}}}. \tag{2}$$

Le couple (S) (θ) définit une déformation infiniment petite de (S), et l'expression (2) montre que d est la *fonction caractéristique* de cette déformation.

La considération des congruences isotropes donne donc une interprétation géométrique simple aux différentes fonctions caractéristiques relatives aux déformations infiniment petites de la sphère.

---

[1] Séance du 19 octobre 1931.

(Δ) *étant une congruence isotrope quelconque, associons à chaque point* M *de la sphère* (S) *le rayon qui a* M *pour image. Les modules des différents segments focaux de* (Δ) *représentent les différentes valeurs d'une fonction caractéristique.*

La surface (Σ) de coordonnées tangentielles [X, Y, Z, φ], φ étant une fonction caractéristique pour (S), est ce qu'on appelle la surface *associée* à (S). Les surfaces associées à une sphère sont, comme il est bien connu, les surfaces minima. Il résulte de là que le plan [X, Y, Z, d] enveloppe une surface minima, et l'on peut énoncer cette proposition qui attache une surface minima à toute congruence isotrope :

Si, par un point fixe O, *on mène une parallèle à chaque rayon d'une congruence isotrope* (Γ), *si l'on porte sur cette parallèle à partir de* O *une longueur* OI *égale au module du segment focal correspondant, et si l'on mène par* I *le plan* (π) *perpendiculaire à* OI; *l'enveloppe des plans* (π) *est une surface minima.*

On se rend facilement compte que la surface minima ainsi obtenue est *distincte* de l'enveloppée moyenne minima de (Γ).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'allure des séries d'itérées au voisinage des frontières de convergence.* Note de M. **Gaston Julia**.

R(Z) est une fraction rationnelle à cercle fondamental $\mathcal{C}[|Z|=1]$, $R_n(Z)$ son itérée d'ordre n, et l'on étudie la série (1) $\mathcal{F}(Z)=\sum_0^\infty a_n R_n(Z)$.

I. *Substitutions régulières de première espèce.* — $[Z|R(Z)]$ a deux points doubles attractifs symétriques α et β, α intérieur à $\mathcal{C}$, β extérieur à $\mathcal{C}$, et $d-1$ points doubles répulsifs sur $\mathcal{C}$. J'appelle Δ_α le domaine où les R_n convergent vers α. 1° Si $\alpha\neq 0$, $\beta\neq\infty$, la série (1) converge dans $\Delta_\alpha(|Z|<1)$ et, hors des pôles, dans $\Delta_\beta(|Z|>1)$, *lorsque* Σa_n *converge* (condition nécessaire et suffisante). Elle converge en tout point double répulsif A, et *uniformément dans tout secteur* Δ, intérieur à $\mathcal{C}$, de pointe A, non tangent à $\mathcal{C}$ en A. Hors de $\mathcal{C}$, les pôles des $R_n(Z)$ s'alignent sur des courbes analytiques émanées de A, dont les tangentes en A n'ont pour rayon limite que la tangente à $\mathcal{C}$. *Dans tout secteur* Δ' extérieur à $\mathcal{C}$, de pointe A, non tangent à $\mathcal{C}$ et ne contenant pas de pôles des R_n, *la convergence de* (1) *est uniforme*. Le théorème classique d'Abel sur les séries entières convergentes en un point du cercle de convergence s'étend aux séries actuelles. *L'extension est assurée*

à tous les antécédents des points doubles répulsifs (partout denses sur $\mathcal{C}$). La série (1) peut diverger aux points des *cycles répulsifs* et en leurs antécédents [exemple $a_n = (-1)^n n^{-1}$ lorsque R admet (-1) et $(+1)$ pour cycle d'ordre 2]; avec des hypothèses supplémentaires qu'on trouvera dans le Mémoire détaillé, on peut étendre le théorème d'Abel à ces cycles.

2° Si $\alpha = 0$, $\beta = \infty$, multiplicateurs non nuls, *mêmes conclusions pour* Δ_α *et* Δ_β *sous la condition* $\Sigma a_n s_1^{-n}$ *convergente* (s_1 multiplicateur de β). *Même conclusion, pour* Δ_α *seulement, si* Σa_n *converge.*

3° Si $\alpha = 0$, $\beta = \infty$, multiplicateurs nuls, il faut examiner les fonctions de Böttcher $F_1(Z)$ de α et $F_2(Z)$ de β, $\{R(Z) = r_p Z^p + \ldots, r_p \neq 0$, autour de α; $R(Z) = r'_p Z_p[1 + \mathrm{Hol}(Z^{-1})]$, $r'_p \neq 0$, autour de $\beta\}$, et le rayon de convergence ρ_1 de la série (2) $\sum_{n=0}^{\infty} a_n z^{p^n}$.

Lorsque $\rho_1 > 1$, la série (1) *converge uniformément dans et sur* $\mathcal{C}$. A l'extérieur de $\mathcal{C}$ elle converge dans tout le domaine $(\mathcal{D}')$ que définit $|F_2| > \rho_1^{-1}$. Excepté le cas $R(Z) \equiv r_p Z^p$, le domaine $(\mathcal{D}')$ est une écumoire criblée de trous limités par les courbes analytiques fermées $|F_2| = \rho_1^{-1}$ en infinité dénombrable, qui s'accumulent en tout point de $\mathcal{C}$. Il existe des *secteurs* Δ' *d'ouverture finie, de pointe* A (*point double répulsif*), *intérieurs à* $(\mathcal{D}')$; la série (1) y *converge uniformément et le théorème d'Abel s'étend à ces secteurs et à tous leurs antécédents.*

Lorsque $\rho_1 = 1$, *si* Σa_n *converge, même conclusion qu'en* 1°, *pour* Δ_α *seulement.*

Lorsque $\rho_1 < 1$, la série (1) ne converge que dans une partie de Δ_α définie par $|F_1| < \rho_1$; les courbes fermées frontières $|F_1(Z)| = \rho_1$, en infinité dénombrable si $R(Z) \neq r_p Z^p$, et s'accumulant sur $\mathcal{C}$ sont des coupures de Weierstrass pour $\mathcal{F}(Z)$; toutes les propriétés de la série entière en z, $\sum_{n=0}^{\infty} a_n z^{p^n}$, sur son cercle de convergence $|z| = \rho_1$ et à l'intérieur s'étendent à la série (1) aux points Z des frontières correspondant aux z précédents par $z = F_1(Z)$, en particulier *le théorème d'Abel s'étend.*

II. *Substitutions régulières de deuxième espèce.* — Sur $\mathcal{C}$ un seul point attractif α et d points répulsifs, dont deux, μ et ν, encadrent α. La frontière de Δ_α est *un ensemble parfait discontinu* E'_R, situé sur $\mathcal{C}$, dont le complémentaire sur $\mathcal{C}$ est formé de l'arc $\mu\alpha\nu$ et de tous ses antécédents. Même distribution des pôles de R_n, au voisinage d'un point double répulsif, qu'en I (1°). La *convergence de* Σa_n est ici nécessaire et suffisante. 1° *En* μ, ν *et leurs antécé-*

dents, la convergence de (1) est *uniforme* dans tout secteur de Δ_α, aboutissant en ce point non tangentiellement à $\mathcal{C}$, ne contenant pas de pôles, mais *pouvant contenir l'arc du complémentaire aboutissant au point considéré :* le théorème d'Abel s'étend ici à des *secteurs plus ouverts qu'en* I(1°); 2° aux autres points doubles répulsifs et en leurs antécédents, mêmes conclusions qu'en I(1°).

III. *Substitutions singulières de deuxième espèce.* — Dégénérescence de II. Sur $\mathcal{C}$ un point double α indifférent [$\alpha = R(\alpha)$, $R'(\alpha) = +1$, $R''(\alpha) \neq 0$] et $d-1$ points répulsifs. Mêmes phénomènes qu'en II, mais, ν *étant venu coïncider avec* α, on remplacera l'arc $\mu\alpha\nu$ de II par l'arc $\mu\alpha$ et l'on remplacera partout ν par α. La condition de convergence de (1) est encore la *convergence de* Σa_n et les *conclusions de* II *subsistent.*

IV. *Substitutions singulières de première espèce.* — Dégénérescences de I. Sur $\mathcal{C}$, un point double α indifférent, [où sont venus coïncider α, β, et un point répulsif, $\alpha = R(\alpha)$, $R'(\alpha) = +1$, $R''(\alpha) = 0$, $R'''(\alpha) \neq 0$], et $d-2$ points répulsifs. Le domaine Δ_α se compose de $|Z| < 1$ et $|Z| > 1$; sa frontière est le cerle $\mathcal{C}$ tout entier. La condition de convergence de (1) est encore la *convergence de* Σa_n. *Les conclusions de* I (1°) *subsistent intégralement, et dans les mêmes secteurs*, aux points doubles indifférents et répulsifs, et en leurs antécédents (partout denses sur $\mathcal{C}$). Au point α, toutefois, le demi-plan, ne contenant pas $\mathcal{C}$, que détermine la tangente à $\mathcal{C}$, est vide de pôles de R_n, en sorte que les *secteurs extérieurs du type* Δ' où s'étend le théorème d'Abel, *peuvent avoir une ouverture aussi voisine de* π *qu'on voudra* [même conclusion aux antécédents de α].

V. *Fractions rationnelles sans cercle fondamental.* — Les résultats précédents, en totalité ou en partie, peuvent s'étendre à des fractions rationnelles sans cercle fondamental sous certaines hypothèses, par exemple l'existence d'une tangente à la frontière au point double considéré (réalité nécessaire du multiplicateur), destinées à assurer l'existence de secteurs tels que Δ ou Δ' dont les deux courbes limites aient, au sommet, des tangentes déterminées.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Détermination des intégrales des systèmes d'équations* linéaires *aux dérivées partielles du type elliptique*. Note de M. **Maurice Gevrey**.

Nous avons exposé (¹) les procédés de résolution des problèmes aux limites *intérieurs* relatifs à l'équation linéaire du type elliptique à m variables. La méthode générale que nous avons donnée s'applique aussi au système de n équations de la forme

$$(1) \qquad \sum_{ij} a_{ij}^k \frac{\partial^2 u_k}{\partial x_i \partial x_j} + \sum_{hi} b_{hi}^k \frac{\partial u_h}{\partial x_i} + \sum_h c_h^k u_h = f_k,$$

avec $i, j = 1, \ldots, m$ et $k, h = 1, \ldots, n$, les coefficients étant fonctions du point $P(x_i)$. Les dérivées secondes de u_k ne figurent que dans la $k^{\text{ième}}$ équation et, pour chaque valeur de k, la forme $\Sigma a_{ij}^k \alpha_i \alpha_j$ est définie positive et de discriminant égal à *un*. Les n fonctions inconnues $u_1, \ldots, u_n$ sont astreintes, sur la frontière S d'un domaine borné D, à des conditions aux limites linéaires $H_k \frac{\partial u_k}{\partial N} + K_k u_k = L_k$ [N *conormale* intérieure à S relative à l'équation (1)]. Enfin on suppose les coefficients de (1) et le champ des normales à S *continus à la Hölder* avec l'exposant $\alpha < 1$.

Soit à résoudre, par exemple, le *problème de Dirichlet* (tous les H_k nuls). A chaque équation (1) correspond une *fonction auxiliaire* V_k des deux points P et Π, jouant le rôle de *quasi-fonction de Green* et formée exactement comme dans le cas d'une seule équation. De même u_k sera la somme d'une intégrale nulle sur S et d'une fonction χ_k égale à u_k sur S :

$$u_k(P) = q \int_D V_k \varphi_k(\Pi)\, d\omega_\Pi + \chi_k(P) \qquad \text{avec} \qquad \chi_k(P) = q \int_S \frac{\partial V_k}{\partial N_\Pi} u_k(\Pi) S_\Pi,$$

(en posant $q = [(m-2)\sigma_m]^{-1}$, σ_m aire de la sphère unitaire). Si l'on désigne par $F_k^h(u_h)$ l'ensemble des termes de (1) contenant u_h et ses dérivées, les φ_k

(¹) *Journal de Mathématiques*, 9, 1930, p. 1 à 80. Voir aussi *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1652, où le schéma de la méthode est complètement indiqué et où les notations sont les mêmes qu'ici, sauf le changement de k en j dans les coefficients des dérivées secondes. Dans cette Note, page 1653, ligne 3 en remontant, il faut lire a^{ik} au lieu de a_{ik}, et page 1655, ligne 11, $C_i Z_i$ au lieu de $C_i L_i$.

sont solutions du système d'équations de Fredholm :

$$\varphi_k(P) - q\int_D \sum_h F_k^h(V_h)\,\varphi_h(\Pi)\,d\omega_\Pi = \sum_h F^h(\chi_h) - f_k = g_k.$$

Or ce système se ramène *à une seule équation*

$$\varphi(P) - \lambda\int_{\Sigma D} \mathfrak{N}_P^\Pi(\Pi)\,d\omega_\Pi = g(P) \qquad \text{avec} \qquad \lambda = 1,$$

en supposant que ΣD soit un domaine constitué par n domaines $D_1, \ldots, D_n$ identiques à D et que, si P_k et Π_k sont les points correspondant à P et Π dans D_k, on ait

$$\varphi(P_k) = \varphi_k(P), \qquad g(P_k) = g_k(P), \qquad \mathfrak{N}_{P_k}^{\Pi_h} = q\,F_k^h(V_h).$$

En posant $\varphi = s^{\alpha-2}\bar{\varphi}$ (1), on obtient une équation en $\bar{\varphi}$ dont le noyau est de la forme $\left(\frac{s}{\sigma}\right)^{1-\alpha}(P\Pi)^{\alpha-m}K$, où K est une fonction de P et Π continue dans ΣD (sauf peut-être pour $P\Pi = 0$) et bornée dans $\Sigma(D+S)$; des itérations font disparaître $(P\Pi)^{\alpha-m}$ et donnent un noyau se prêtant aisément aux formules de Fredholm. On trouve ainsi

$$\varphi(P) = g(P) + \int_{\Sigma D} \Phi_P^\Pi\, g(\Pi)\,d\omega_\Pi,$$

Φ_P^Π étant la résolvante du noyau $\mathfrak{N}_P^\Pi$ pour $\lambda = 1$, en supposant que cette valeur n'annule pas le déterminant $D(\lambda)$ de Fredholm (2). La méthode consiste donc à former V_k à l'aide de la fonction s, comme nous l'avons expliqué, et à calculer le *noyau résolvant* de $\mathfrak{N}$.

Lorsque, dans la condition aux limites, H_k n'est pas nul, nous avons montré comment on est ramené au *problème de Neumann*, de sorte que le

---

(1) s est une fonction de P nulle sur S (*loc. cit.*), ayant ici une détermination pour chaque domaine D_k; σ est sa valeur en Π.

(2) En portant les valeurs des φ_k dans l'expression des u_k on peut voir u_k au moyen d'intégrales où figurent les produits des données et des seconds membres f_k par des fonctions indépendantes de ces quantités; mais il ne faut voir là qu'une *façon d'écrire le résultat*. Dans le cas d'*une seule équation* linéaire $F(u) = f$, ce procédé introduit la *fonction de Green* G_P^Π, qui est aussi solution, relativement à Π, de l'équation adjointe *quand celle-ci existe*. Dans ce cas u peut s'obtenir directement par la formule de Green, ce qui prouve l'*unicité de la solution*; mais ce dernier résultat subsiste même si les coefficients sont simplement continus à la Hölder. En effet, dans le

problème le plus général se ramène à celui où l'on donne sur S les valeurs de $u_1, \ldots, u_p$ et des dérivées conormales de $u_{p+1}, \ldots, u_n$. *Pour* $k > p$, les fonctions V_k sont formées à l'aide du *point-image*, comme nous l'avons expliqué pour une seule équation, et u_k conserve la même forme, mais avec $\chi_k = -q\int_S V_k\left(\frac{\partial u_k}{\partial N}\right)_\Pi dS_\Pi$. Dans le système d'équations intégrales en φ_k on posera $\varphi_k = s^{\alpha-2}\bar{\varphi}_k$ pour $k \leq p$ et $\varphi_k = s^{\alpha-1}\bar{\varphi}_k$ pour $k > p$: le système d'équations en $\bar{\varphi}_k$ ainsi obtenu se ramène encore à une seule.

L'étude des *cas singuliers* $[\mathcal{O}(1) = 0]$ se fait comme dans le cas d'une seule équation.

La théorie des équations (1) contient les éléments nécessaires pour appliquer la méthode des *approximations successives* de M. Picard au cas où les u_k et leurs dérivées premières, au lieu de s'introduire linéairement, figurent dans des fonctions lipschitziennes par rapport à ces termes.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la définition riemannienne de l'intégrale de Lebesgue.* Note [1] de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Hadamard.

J'ai indiqué [2] diverses manières de déduire des sommes de Riemann l'intégrale de Lebesgue d'une fonction sommable. L'une de ces méthodes, que M. Kempisty a retrouvée et étudiée [3], repose sur les notions suivantes.

Appelons minimum (maximum) de f sur l'intervalle ab ce qui advient quand on néglige les ensembles d'épaisseur inférieure à α $(0 < \alpha < 1)$, ou

---

cas contraire, on aurait une solution ν de $F(\nu) = 0$ *nulle sur* S. Or on peut calculer des fonctions dérivables (une ou plusieurs fois) dont la différence avec les coefficients de F soit $< \eta$. Soit F^* ce que devient F avec ces nouveaux coefficients : $F = 0$ *a alors une adjointe*, et ν, solution de l'équation $F^*(\nu) = F - F^*$, satisfait à la formule de Green envisagée plus haut, où f a été remplacé par $F - F^*$ et S par une surface S′ voisine de S (et frontière de D′) sur laquelle on a $|\nu| < \varepsilon$. On peut choisir S′ et η de façon que les intégrales de la formule soient aussi petites qu'on le voudra. D'où résulte $\nu = 0$ en tout point de D′, donc de D. Cette démonstration doit remplacer celle de la page 71 de notre Mémoire, incorrectement présentée.

(1) Séance du 19 octobre 1931.

(2) *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 219-220.

(3) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 812-815 et 1011-1014; 185, 1927, p. 749-751.

plus brièvement *minimum (maximum) d'épaisseur* α *de* f *sur* ab, respectivement la borne supérieure $m(f, a, b, \alpha)$ du minimum de f, et la borne inférieure $M(f, a, b, \alpha)$ du maximum de f, sur les ensembles d'épaisseur supérieure à $1-\alpha$ sur ab.

Soit $x_0 = a, x_1, \ldots, x_n = b$ une subdivision quelconque de ab, avec $0 < x_i - x_{i-1} \leqq \omega$ (ω indépendant de i). Posons

$$s(f, a, b, \alpha) = \sum_{i=1}^{i=n} (x_i - x_{i-1}) m(f, x_{i-1}, x_i, \alpha),$$

$$S(f, a, b, \beta) = \sum_{i=1}^{i=n} (x_i - x_{i-1}) M(f, x_{i-1}, x_i, \beta).$$

Convenons de dire que f est *intégrable* (A) sur ab, et que $I_A(f, a, b) = I$, si, pour un choix de deux nombres α et β ($\alpha + \beta < 1$), les deux sommes $s(f, a, b, \alpha)$ et $S(f, a, b, \beta)$ tendent vers I quand ω tend vers zéro, indépendamment du choix des x_i.

Dans la Note rappelée plus haut, j'ai énoncé cette proposition :

Toute fonction sommable sur ab est intégrable (A) *et*

$$I_A(f, a, b) = \int_a^b f\,dx.$$

On voit en effet que $\int_a^b |f|\,dx$ peut être borné inférieurement proportionnellement à $|S|$ et à $|s|$. Il suffit d'appliquer ceci à une fonction φ, telle que $f = g + \varphi$, g étant continu et $\int_a^b |\varphi|\,dx < \varepsilon$ (ε donné positif).

J'avais énoncé comme probable la réciproque :

Toute fonction intégrable (A) *sur ab est sommable.* En voici une démonstration.

Tout d'abord, pour $0 < \gamma < \frac{1}{2}$, soit $\lambda(f, c, d, \gamma)$ défini quels que soient c et d sur le segment ab, $(c < d)$ et vérifiant

$$m(f, c, d, \gamma) \leqq \lambda \leqq M(f, c, d, \gamma).$$

Formons

$$\sigma(f, a, b, \gamma) = \sum_{1}^{n} (x_i - x_{i-1}) \lambda(f, x_{i-1}, x_i, \gamma).$$

Supposons que σ tende vers une limite finie unique $J(f, a, b)$ quand ω

tend vers zéro. Alors $J(f, a, x) = F(x)$ existe si $a < x \leqq b$;

$$\sum |F(x_i) - F(x_{i-1}) - \sigma(x_{i-1}, x_i, \gamma)|$$

est borné indépendamment des x_i et tend vers zéro avec ω; et $F(x)$ est continu en tout point où f est approximativement continu.

Je dis que $F(x)$ *possède f pour dérivée sur une épaisseur pleine.*

Soient $\varepsilon > 0$; $E(\varepsilon)$ l'ensemble des points ξ tels que sur tout intervalle de longueur au plus égale à ε et contenant ξ, l'épaisseur moyenne de l'ensemble $|f(x) - f(\xi)| < \varepsilon$ soit supérieure à $1 - \gamma$. Dans $E(\varepsilon)$, soient $P(\varepsilon)$ un ensemble parfait épais; $g_1, g_2, \ldots$ ses contigus; g'_n un intervalle contenu dans g_n. On voit que la somme des variations de F sur un nombre quelconque de g'_n choisis indifféremment est bornée. D'autre part, la variation simple $H(x)$ de F sur $P(\varepsilon)$ entre a et x est l'intégrale (A) de la fonction (bornée) égale à f sur P et à o ailleurs. D'où la conclusion.

Ceci s'applique à $F(x) = I_A(f, a, x)$ si f est intégrable (A). Je dis que dans ce cas, F *est à variation totale bornée sur ab.*

Sinon on trouverait une suite de subdivisions $\xi_1, \eta_1, \xi_2, \eta_2, \ldots, \xi_n, \eta_n, \xi_{n+1}$, vérifiant ces conditions :

1° $\xi_1 = a$ et $\xi_n < c \leqq \xi_{n+1}$, ou $\xi_1 \leqq c < \xi_2$, $\xi_{n+1} = b$, c étant le milieu de ab.

2° Les $u_k = f(\eta_k) - f(\xi_k)$ sont tous de même signe, par exemple, $u_k > 0$, et alors $-v_k = F(\xi_{k+1}) - F(\eta_k) < 0$.

3° $\sum_1^n (u_k + v_k)$ croît indéfiniment avec le rang p (et le nombre n des points) de la subdivision.

Comme $\Sigma u_k - \Sigma v_k = F(\xi_{n+1}) - F(\xi_1)$ est borné indépendamment de p, le rapport de Σu_k à Σv_k tend vers 1.

i_k étant $\xi_k \eta_k$ et j_k étant $\eta_k \xi_{k+1}$ posons

$$u_k = i_k m(f, i_k, \alpha) + \varepsilon_k, \qquad -v_k = j_k m(f, j_k, \beta) + \theta_k.$$

$\Sigma|\varepsilon_k| + \Sigma|\theta_k|$ est borné indépendamment de p.

Associons i_k et j_k. Déplaçons η_k dans j_k jusqu'en η'_k. i_k devient $i'_k = h_k i_k$ et j_k devient $j'_k = h'_k j_k$.

Posons

$$h_k = \frac{1-\beta}{\alpha}, \quad \text{d'où} \quad 1 > h'_k > \frac{1-\alpha}{\beta} \quad \text{si } (1-\alpha) i_k < \alpha j_k,$$

$$1 < h_k < \frac{1-\beta}{\alpha} \quad \text{et} \quad h'_k = \frac{1-\alpha}{\beta} \quad \text{si } (1-\alpha) i_k > \alpha j_k.$$

On en conclut que

$$m(i_k, \alpha) \leqq M(i'_k, \beta) \quad \text{et} \quad m(j_k, \alpha) \leqq M(j'_k, \beta).$$

Soient

$$u'_k = i'_k M(i'_k, \beta) > h_k(u_k - \varepsilon_k) \quad \text{et} \quad -v'_k = j'_k M(j'_k, \beta) > h'_k(-v_k - \theta_k).$$

On voit que $\Sigma u'_k$, $\Sigma v'_k$ sont $+\infty$ avec p, sans que leur rapport tende vers 1, quoique $\Sigma(u'_k - v'_k)$ doive être borné. Il y a contradiction.

$F(x)$ est à variation bornée. Donc f qui est presque partout sa dérivée est sommable. *A priori*, pour f non sommable, $\Sigma(x_i - x_{i-1})|\lambda(f, x_{i-1}, x_i, \gamma)|$ est non borné.

MÉCANIQUE. — *Sur les conditions d'application du principe de relativité.* Note de M. **J. Le Roux.**

Les propriétés du groupe des mouvements relatifs sont susceptibles d'une généralisation qui présente un grand intérêt pour la discussion du principe de relativité.

D'après Einstein, le principe de relativité exprime que les lois de la physique doivent être valables quels que soient les systèmes de référence, fixes ou mobiles auxquels on rapporte les phénomènes.

On doit estimer, en effet, que les lois ne sont connues, dans toute leur généralité et avec leur véritable portée, que si l'on peut les exprimer sous une forme invariante par rapport aux systèmes de référence.

Or le changement de système de référence est ordinairement représenté analytiquement par des transformations de variables dont l'ensemble constitue un groupe continu.

Considérons, par exemple, une catégorie de phénomènes dont la représentation analytique par rapport à un système de référence donné, S_x, soit définie par la considération de n variables x_i ($i = 1, 2, \ldots, n$). Pour un autre système de même nature, S_y, nous aurions à considérer n autres variables y_i. Si l'on admet que la liaison entre les deux systèmes de référence dépende de r paramètres a_k, il existera entre les x et les y des relations de la forme

$$(1) \qquad y_i = f_i(x_1, x_2, \ldots, x_n, a_1, a_2, \ldots, a_r),$$

définissant un groupe à n variables et à r paramètres.

La variation des quantités x ou y indique une variation d'aspect du phénomène par rapport au système de référence correspondant. La constance des paramètres a indique une liaison statique permanente entre les deux systèmes de référence, et leur variation indique une mobilité relative de l'un par rapport à l'autre.

S'il y a à la fois variation d'apparence du phénomène et mobilité relative des systèmes de référence, on aura donc, entre les différentielles premières, des relations de la forme suivante :

$$dy_i = \sum \frac{\partial f_i}{\partial x} dx + \sum \frac{\partial f_i}{\partial a} da. \qquad (2)$$

La réunion des deux systèmes (1) et (2) définit un nouvel ensemble de transformations, remplaçant les variables x, dx par de nouvelles variables y, dy et dépendant des paramètres a, da.

Cet ensemble constitue un nouveau groupe à $2n$ variables et à $2r$ paramètres.

L'extension ainsi définie présente une évidente analogie avec le prolongement considéré dans la théorie de Lie. Elle en diffère par le fait que les différentielles, dans la théorie de Lie, sont prises en regardant les paramètres comme des constantes, tandis que, dans notre mode d'extension, nous faisons varier à la fois les variables x et les paramètres a. Nous appellerons le premier *prolongement statique* et le second *prolongement cinématique*.

Les expressions différentielles susceptibles d'exprimer une loi physique, compatible avec le principe de relativité, doivent présenter le caractère d'invariance par rapport au groupe cinématique étendu, s'il y a lieu, aux différentielles d'ordre supérieur.

L'élément linéaire ds^2, qui s'introduit dans l'étude des groupes afférents aux divers systèmes géométriques, est un invariant différentiel du groupe statique, mais non du groupe cinématique. Il ne satisfait pas aux conditions précédentes.

Le groupe des mouvements relatifs se réduit au prolongement cinématique du groupe des déplacements euclidiens. L'expression invariante de la loi de gravitation que j'en ai déduite est *actuellement* la seule formulée qui soit compatible avec le principe de relativité.

La formation des transformations infinitésimales du groupe cinématique est particulièrement simple. Dans ce qui suit, pour la simplicité des notations, nous représenterons par des lettres accentuées soit les différentielles,

soit des dérivécs prises par rapport à une variable quelconque, non désignée.

A toute transformation du groupe initial

$$X_h(f)=\sum \xi_{hi}\frac{\partial f}{\partial x_i}$$

correspondent, dans le prolongement cinématique du premier ordre, les deux transformations suivantes :

$$\overline{X}_h(f)=\sum\left(\xi_{hi}\frac{\partial f}{\partial x_i}+\xi'_{hi}\frac{\partial f}{\partial x'_i}\right), \tag{3}$$

$$D_h(f)=\sum \xi_{hi}\frac{\partial f}{\partial x'_i}. \tag{4}$$

Les transformations du type (3) sont communes aux deux modes de prolongement. Celles du type (4) caractérisent spécialement le groupe cinématique.

Aux relations fondamentales du groupe initial

$$(X_h X_k)=\Sigma c_{hks} X_s$$

correspondent les suivantes :

$$(5)\quad\left\{\begin{array}{l}(\overline{X}_h\overline{X}_k)=\Sigma c_{hks}X_s,\\ (\overline{X}_h D_k)=\Sigma c_{hks}D_s,\\ (D_h D_k)=0.\end{array}\right.$$

Les transformations D_h, relatives au groupe euclidien, jouent un rôle considérable dans l'étude des théorèmes généraux de la Mécanique.

HYDRODYNAMIQUE. — *Problème touchant des tourbillons cylindriques de section finie.* Note [1] de M. **J. Rossignol**.

Dans un fluide incompressible et non visqueux on considère deux cylindres tourbillonnaires verticaux Σ_1 et Σ_2 à l'intérieur desquels le tourbillon, vertical, a respectivement pour valeurs ζ_1 et ζ_2. Admettant l'existence d'un régime permanent consistant en une rotation uniforme de vitesse angulaire ω de l'ensemble des deux cylindres autour d'un axe vertical fixe convenablement choisi, Σ_1 et Σ_2 conservant dans le mouvement relatif une configuration invariable, nous chercherons cette configuration

[1] Séance du 19 octobre 1931.

d'équilibre relatif. Il suffit évidemment de déterminer les contours S_1 et S_2 des domaines tourbillonnaires T_1 et T_2 dans un plan horizontal H [1].

Soient dans un tel plan G_1 et G_2 les centres de gravité tourbillonnaires de T_1 et de T_2; si la distance G_1G_2 est grande par rapport à la plus grande dimension transversale de P_1 et de P_2, les contours S_1 et S_2 seront quasi circulaires. Mettons sous la forme $\pi R_1^2 \zeta_1$ l'intensité tourbillonnaire invariable rapportée à l'unité de longueur du cylindre Σ_1; $\pi R_2^2 \zeta_2$ sera l'intensité relative à Σ_2. Soit O la trace de l'axe de rotation des cylindres dans le plan horizontal considéré; rapportons le problème plan aux axes mobiles rectangulaires Oxy, Ox passant par G_1 et G_2, et posons $\overline{OG_1} = l_1$, $\overline{OG_2} = l_2$, $\overline{G_1G_2} = l_2 - l_1 = L$. La disposition de G_1 et de G_2 est choisie de telle sorte que L soit positif. Comme O est manifestement le centre de gravité tourbillonnaire des domaines T_1 et T_2, on a $\zeta_1 R_1^2 l_1 + \zeta_2 R_2^2 l_2 = 0$.

Pour déterminer le contour S_1 on considérera la circonférence S_{01} de centre G_1 et de rayon R_1 et l'on prendra pour inconnue la fonction

$$\varkappa_1(\theta_1) = \overline{M_{01}M_1}$$

donnant la distance des points M_{01} et M_1 d'intersection de S_{01} et de S_1 avec un rayon vecteur $G_1M_{01}M_1$ faisant l'angle polaire θ_1 avec G_1x. Notations analogues pour S_2. Mais il est clair que si nous voulons que le fluide soit au repos à l'infini, il faut imaginer une distribution tourbillonnaire cylindrique Σ_0 de tourbillon vertical et uniforme ζ_0, dont l'intensité par unité de longueur soit égale à $-\pi R_1^2\zeta_1 - \pi R_2^2\zeta_2 = -I$, et dont le centre de gravité soit O; cette distribution tournera comme T_1 et T_2 avec la vitesse angulaire ω autour de O. Nous la supposerons constituée par une couche tourbillonnaire comprise entre la surface S_{00} d'un cylindre circulaire ayant pour axe l'axe de rotation du système et pour rayon R_0, et une surface S_0 également cylindrique dont la section par le plan H sera déterminée par la fonction $\varkappa_0(\theta_0) = \overline{M_{00}M_0}$ donnant la distance des points M_{00} et M_0 d'intersection de S_{00} et de S_0 avec un rayon vecteur issu de O et faisant avec Ox l'angle θ_0. On désignera par T_0 le domaine tourbillonnaire délimité par les contours S_{00} et S_0 dans le plan H. On supposera R_0 choisi assez grand pour que $\frac{\varkappa_0}{R_0}$ soit négligeable dans les calculs devant l'unité. On aura alors la condition

$$(1) \qquad \zeta_0 R_0 \int_0^{2\pi} \varkappa_0 \, d\theta_0 = -I.$$

[1] L. Lichtenstein (*Math Zeitschrift*, **12**, 1922, p. 201-210) a donné d'importants aperçus concernant ce genre de questions.

Ceci posé, il est clair que les contours S_1 et S_2 seront des lignes de courant dans le mouvement relatif des tourbillons. On devra donc avoir en un point $M_1(x, y)$ de S_1, avec des notations évidentes,

$$(2)\quad \frac{1}{\pi}\int_{T_1}\zeta_1 \operatorname{Log}\frac{1}{r_{11}}\,d\sigma_1+\frac{1}{\pi}\int_{T_2}\zeta_2 \operatorname{Log}\frac{1}{r_{21}}\,d\sigma_2+\frac{1}{\pi}\int_{T_0}\zeta_0 \operatorname{Log}\frac{1}{r_{01}}\,d\sigma_0+\omega\frac{x^2+y^2}{2}=C_1,$$

et une relation de même nature pour tout point M_2 de S_2.

La conservation de l'intensité tourbillonnaire totale de T_1 donne

$$(3)\quad \int_0^{2\pi}\varkappa_1\left(1+\frac{\varkappa_1}{2R_1}\right)d\theta_1=0.$$

D'autre part, G_1 étant le centre de gravité tourbillonnaire de P_1, on a

$$(4)\quad \int_0^{2\pi}\varkappa_1\cos\theta_1\left(1+\frac{\varkappa_1}{R_1}+\frac{\varkappa_1^2}{3R_1^2}\right)d\theta_1=0,\qquad \int_0^{2\pi}\varkappa_1\sin\theta_1\left(1+\frac{\varkappa_1}{R_1}+\frac{\varkappa_1^2}{3R_1^2}\right)d\theta_1=0.$$

Relations analogues pour T_2.

La deuxième relation (4) sera satisfaite d'elle-même si nous admettons que Ox est un axe de symétrie pour les distributions T_0, T_1 et T_2. En particulier, pour T_0, on aura la condition

$$(5)\quad \int_0^{2\pi}\varkappa_0\cos\theta_0\,d\theta_0=0.$$

L'équation (2) et l'équation analogue relative à T_2 sont alors développées en regardant $\frac{l_1}{R_1}$, $\frac{l_2}{R_2}$, $\frac{R_0}{L}$, $\frac{\varkappa_1}{R_1}$ et $\frac{\varkappa_2}{R_2}$ comme des quantités très petites.

Tenant compte des conditions (3), (4) et (5), on obtient les équations

$$\begin{aligned}(6)\quad &\psi_1^{(1)}+\psi_1^{(2)}+\ldots+\mu_1 R_1\left[\cos\theta_1\left(1+\frac{\varkappa_1}{R_1}\right)-1\right]+\omega\varkappa_1 R_1\left(1+\frac{\varkappa_1}{2R_1}\right)\\
&+\frac{\zeta_2 R_2^2}{2}\left(\frac{R_1}{L}\right)^2\left[\left(1+\frac{\varkappa_1}{R_1}\right)^2\cos 2\theta_1-1\right]+\frac{\zeta_2 R_2^2}{3}\left(\frac{R_1}{L}\right)^3\left[\left(1+\frac{\varkappa_1}{R_1}\right)^3\cos 3\theta_1-1\right]+\ldots\\
&+\frac{\zeta_2 R_2^3}{2\pi L^2}\int_0^{2\pi}\varkappa_2\cos 2\theta_2\left[1+\frac{3\varkappa_2}{2R_2}+\frac{\varkappa_2^2}{R_2^2}+\frac{\varkappa_2^3}{4R_2^3}\right]d\theta_2\\
&+\frac{\zeta_2 R_2^3}{\pi L^3}(R_1+\varkappa_1)\cos\theta_1\int_0^{2\pi}\varkappa_2\cos 2\theta_2\left[1+\frac{3\varkappa_2}{2R_2}+\frac{\varkappa_2^2}{R_2^2}+\frac{\varkappa_2^3}{4R_2^3}\right]d\theta_2\\
&-\frac{\zeta_2}{3\pi}\frac{R_2^4}{L^3}\int_0^{2\pi}\varkappa_2\cos 3\theta_2\left[1+2\frac{\varkappa_2}{R_2}+2\frac{\varkappa_2^2}{R_2^2}+\frac{\varkappa_2^3}{R_2^3}+\frac{\varkappa_2^4}{5R_2^4}\right]d\theta_2+\ldots\\
&+\frac{\zeta_0 R_1}{2\pi}\frac{l_1}{R_0}\left\{2\left[\left(1+\frac{\varkappa_1}{R_1}\right)\cos\theta_1-1\right]+\frac{R_1}{l_1}\left[\left(1+\frac{\varkappa_1}{R_1}\right)^2\cos 2\theta_1-1\right]\right\}\int_0^{2\pi}\varkappa_0\cos 2\theta_0\,d\theta_0+\ldots=k_1,\end{aligned}$$

et une équation analogue où les indices 1 et 2 seront échangés et L changé en $-L$; k_1 et k_2 sont des constantes, d'ailleurs très petites par rapport à 1. Les premiers termes non écrits dans ces équations sont de l'ordre de $\zeta_2 R_2^2\left(\frac{R_1}{L}\right)^4$ et $\zeta_1 R_1^2\left(\frac{R_2}{L}\right)^4$ pour les deux premières séries de termes — non comprises les séries $\psi_1^{(1)}+\psi_1^{(2)}+\ldots$ et $\psi_2^{(1)}+\psi_2^{(2)}+\ldots$ —, et $\frac{IR_1}{R^0}\left(\frac{l_1}{R_0}\right)^2$ ou $\frac{IR_2}{R_0}\left(\frac{l_2}{R_0}\right)^2$ pour la dernière. En outre on a

$$(7)\qquad \mu_1=\omega l_1+\frac{\zeta_2 R_2^2}{L},\qquad \mu_2=\omega l_2-\frac{\zeta_1 R_1^2}{L},$$

$$(8)\quad\left\{\begin{aligned}
&\psi_1^{(1)}=-\zeta_1 x_1 R_1-\frac{\zeta_1 R_1}{\pi}\int_0^{2\pi}x'_1\,K(\theta'_1,\theta_1)\,d\theta'_1\qquad [x'_1 \text{ étant mis pour } x_1(\theta'_1)],\\
&\psi_1^{(2)}=-\frac{\zeta_1}{4\pi}\int_0^{2\pi}x_1^2\,d\theta_1-\frac{\zeta_1}{2\pi}\int_0^{2\pi}x_1'^2\,K(\theta'_1,\theta_1)\,d\theta'_1,\\
&\psi_1^{(3)}=\frac{\zeta_1 x_1}{4\pi R_1}\int_0^{2\pi}x_1^2\,d\theta_1-\frac{\zeta_1}{24\pi R_1}\int_0^{2\pi}\frac{d\theta'_1}{\sin^2\frac{\theta'_1-\theta_1}{2}}\\
&\qquad\times\left\{x_1'^3[2-\cos(\theta'_1-\theta_1)]-3\cos(\theta'_1-\theta_1)x_1'^2 x_1\right.\\
&\qquad\qquad\left.+3\cos(\theta'_1-\theta_1)x'_1 x_1^2-x_1^3\cos^2(\theta'_1-\theta_1)\right\};\\
&\text{et expressions analogues pour } \psi_2^{(1)},\ \psi_2^{(2)},\ \psi_3^{(3)}.
\end{aligned}\right.$$

$K(\theta',\theta)$ est défini par

$$(9)\qquad K(\theta',\theta)=\log 2\sin\left|\frac{\theta'-\theta}{2}\right|=-\sum_{p=1}^{\infty}\frac{\cos p\theta\cos p\theta'+\sin p\theta\sin p\theta'}{p}.$$

Les équations (6) sont résolubles par approximations successives.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Procédé permettant d'assurer la correspondance des débits d'air et d'essence dans les carburateurs.* Note (¹) de M. **Henri Quillery**, transmise par M. André Blondel.

Le dispositif nouveau qu'on va décrire a pour but :

1° De délivrer, au moyen d'un seul gicleur, des débits pondéraux de carburant q et d'air Q qui soient dans le rapport $\frac{1}{15}$ pour les ouvertures réduites ($\alpha=0$ à $\alpha=75^\circ$) et dans le rapport $\frac{1}{12}$ pour l'ouverture totale

(¹) Séance du 19 octobre 1931.

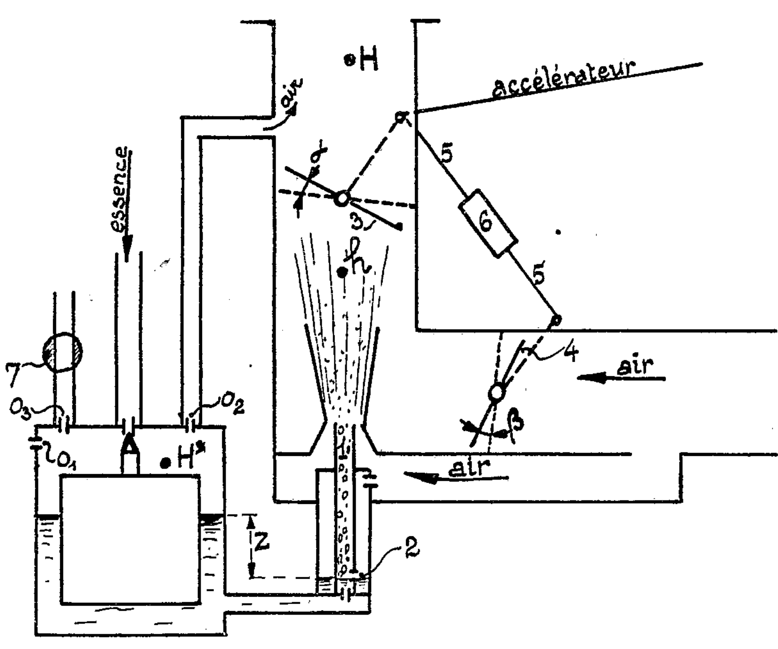
($\alpha = 80°$), et d'une façon générale des débits tels que

$$(1) \qquad \frac{q}{Q} = \varphi(\alpha),$$

où α est l'angle d'ouverture du papillon des gaz.

2° De maintenir ces rapports, quelle que soit la densité de l'air atmosphérique.

3° De modifier, pour le départ du moteur, la fonction $\varphi(\alpha)$ de telle façon que le rapport $\frac{q}{Q}$ passe de $\frac{1}{15}$ à $\frac{8}{15}$ ou $\frac{10}{15}$ lorsque α est voisin de zéro, tout en variant le moins possible pour les ouvertures plus grandes.



1, gicleur à dénoyage; 2, trous de dénoyage; 3, papillon des gaz de course angulaire α de 0° à 80°; 4, papillon d'air faisant varier la section S; 5, bielle d'accouplement des deux papillons; 6, organe de longueur variable; 7, robinet fermé en marche normale, ouvert au départ; O_1, O_2, orifices mettant la cuve à la dépression H'; H, H', h, dépressions régnant aux lieux indiqués; Z, hauteur des orifices 2 au-dessous du niveau constant; a, b, paramètres; S, section variable d'entrée d'air au carburateur.

1° Déterminons la loi nécessaire de variation de la section variable S offerte à l'air pour réaliser la relation (1).

L'équation de Torricelli donne pratiquement (pour les faibles valeurs de la dépression h utilisées)

$$\frac{h}{S} = KQ^2.$$

Soit Q_1 un débit fictif, proportionnel à q, c'est-à-dire tel que

$$\frac{h}{S} = KQ_1^2 \times \varphi_1(\alpha)$$

ou

$$(2)\qquad \frac{h}{S \times \varphi_1(\alpha)} = KQ_1^2.$$

D'après M. Lauret, la perte de charge dans un gicleur est de la forme $aq^2 + bq$. Ici

$$(3)\qquad h - H' = aq^2 + bq - z.$$

Or H' et h sont des dépressions inférieures à 60^{cm} d'eau alors que H atteint 6^m. On peut donc admettre que H' et h varient suivant la même fonction de H, c'est-à-dire que, pour une valeur constante de α, elles sont proportionnelles à

$$H' = h f_1(\alpha).$$

En portant cette valeur dans (3), on a

$$(4)\qquad h[1 - f_1(\alpha)] = aq^2 + bq - z.$$

D'après M. Poincaré [1] (et cette hypothèse est sanctionnée par l'adoption presque générale du gicleur à dénoyage), les seconds membres des équations (2) et (4), c'est-à-dire (KQ_1^2) et $(aq^2 + bq - z)$ sont pratiquement égaux (à un coefficient K_1 près) entre les limites utiles de h et pour des valeurs convenables de a, b et z. La même relation existe donc entre les premiers membres des mêmes équations (2) et (4) :

$$K_1 \frac{h}{S \times \varphi_1(\alpha)} = h[1 - f_1(\alpha)]$$

ou

$$(5)\qquad S = f_2(\alpha),$$

ce qui montre que, si l'accouplement des papillons 3 et 4 réalise la relation (5), les débits q et Q réaliseront la relation (1).

2° La loi sinusoïdale d'ouverture du papillon H est assimilable, pour la faible ouverture angulaire utilisée, à une exponentielle (avec une approximation de $\pm 5\,\%$), et par suite la valeur $\frac{dS}{S\,d\beta}$ est approximativement constante, quel que soit β ; c'est-à-dire qu'une certaine variation de longueur

[1] POINCARÉ, *Les carburateurs* (*Nouvelle Encyclopédie Léauté*).

de la bielle 5 entraîne une correction proportionnelle au débit. Ceci permet, en introduisant un organe 6 faisant varier la longueur de la bielle suivant une loi convenable de la température ou de la pression ambiante, ou de l'une et de l'autre, de compenser automatiquement les variations de densité de l'air.

3° Si, d'une part, on admet que H′ est pratiquement négligeable quand $\alpha = 80°$, et si, d'autre part, on fait en sorte que S varie dans le rapport de 1 à 8 ou 10 lorsque α passe de 0 à 80°, en ouvrant un orifice O_3 suffisamment grand pour faire tomber H′ à une valeur négligeable quel que soit α, c'est-à-dire pour mettre la cuve à la pression atmosphérique, la valeur normale de $\frac{q}{Q}$ sera multipliée par 8 ou 10 pour les valeurs de α voisines de 0, sans que cette valeur soit pratiquement modifiée pour $\alpha = 80°$.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le calcul des vitesses critiques des arbres tournants de section constante et de masse non négligeable portant des disques minces parfaitement centrés.* Note de M. **Th. Got**, présentée par M. E. Jouguet.

La détermination des vitesses critiques de flexion des arbres tournants, de section non uniforme et portant des charges continues, dépend de la résolution de l'équation déterminante $D(\lambda) = 0$ d'une équation intégrale. (Travaux de M. Van den Dungen.) Mais, d'une part, cette équation se trouve déjà entachée d'erreurs par suite de l'emploi, plus ou moins légitime pour l'établir, des hypothèses de la résistance des matériaux, et, d'autre part, le calcul de ses racines est très ardu, si l'on veut une approximation suffisante.

Mais si l'on suppose l'arbre cylindrique et les charges concentrées (disques d'épaisseur négligeable), le centrage parfait, et la vitesse de rotation assez grande pour qu'on puisse négliger la pesanteur, il est possible, malgré la complication de l'équation transcendante à laquelle on parvient pour les vitesses critiques, d'en obtenir les solutions à l'aide de graphiques et de calculs simples d'interpolation.

Soit, par exemple, un arbre de longueur l, de poids p par unité de longueur, tournant dans des paliers à rotules, et portant un disque de poids P, distant de l_1 et l_2 des extrémités ($l_1 + l_2 = l$); nous appelons I′ la différence

des moments d'inertie principaux du disque et nous posons

$$I' = \frac{P}{g}K^2, \qquad r^4 = \frac{\omega^2 p}{g EI}, \qquad \alpha = \frac{P}{p}r, \qquad \beta = \frac{P}{p}K^2 r^3,$$

ω désignant la vitesse angulaire de rotation, E le coefficient d'élasticité, I le moment d'inertie diamétral de la section de l'arbre.

L'équation aux vitesses critiques est la suivante :

$$\begin{aligned}&(2\sin rl - \alpha\sin rl_1\sin rl_2 - \beta\cos rl_1\cos rl_2)\\ &\quad\times(2\,\mathrm{sh}\,rl + \alpha\,\mathrm{sh}\,rl_1\,\mathrm{sh}\,rl_2 + \beta\,\mathrm{ch}\,rl_1\,\mathrm{ch}\,rl_2)\\ &\quad+(\alpha\sin rl_1\,\mathrm{sh}\,rl_2 + \beta\cos rl_1\,\mathrm{ch}\,rl_2)(\alpha\sin rl_2\,\mathrm{sh}\,rl_1 + \beta\cos rl_2\,\mathrm{ch}\,rl_1) = 0.\end{aligned}$$

Cette équation a été établie par Dunkerley ([1]), mais il n'en a pas étudié la résolution. Or, par une transformation sans autre difficulté que la longueur des calculs, on peut lui donner la forme suivante :

$$\begin{aligned}&\left(\frac{1}{\alpha} + \frac{\mathrm{sh}\,rl_1\,\mathrm{sh}\,rl_2}{2\,\mathrm{sh}\,rl} - \frac{\sin rl_1\sin rl_2}{2\sin rl}\right)\left(\frac{1}{\beta} + \frac{\mathrm{ch}\,rl_1\,\mathrm{ch}\,rl_2}{2\,\mathrm{sh}\,rl} - \frac{\cos rl_1\cos rl_2}{2\sin rl}\right)\\ &\quad= -\frac{1}{16}\left[\frac{\mathrm{sh}\,r(l_1-l_2)}{\mathrm{sh}\,rl} - \frac{\sin r(l_1-l_2)}{\sin rl}\right]^2.\end{aligned}$$

Cette dernière forme se prête à la recherche de valeurs approchées des racines par intersection de courbes.

En particulier, pour $l_1 = l_2$ (disque au milieu), l'équation se dédouble en les deux suivantes :

$$\frac{p}{Pr} = \frac{1}{4}\left(\mathrm{tang}\,\frac{rl}{2} - \mathrm{th}\,\frac{rl}{2}\right),$$

$$\frac{p}{PK^2r^3} = \frac{1}{4}\left(\cot\frac{rl}{2} - \coth\frac{rl}{2}\right).$$

La première ne fait pas intervenir K, c'est-à-dire l'effet gyrostatique du disque (nombre de ventres *impair*, élastique *symétrique* par rapport au plan perpendiculaire à l'axe en son milieu); la seconde fait intervenir K, c'est-à-dire l'effet gyrostatique du disque (nombre de ventres *pair*, élastique *dissymétrique*). Il y a donc deux séries nettement différentes de vitesses critiques. De plus la résolution graphique conduit à ce résultat remarquable que la *première vitesse critique* ω_1 *due à la force centrifuge seule est nettement isolée; au contraire les vitesses critiques centrifuges sui-*

([1]) *Philosophical Transactions*, 185, 1895, p. 279 à 360.

vantes ω_2, ω_3 *etc. sont très voisines des vitesses critiques gyrostatiques* ω'_1, ω'_2, *etc. La différence devient de plus en plus petite à mesure que le rang s'élève et aussi à mesure que le poids et les dimensions du disque sont plus importants par rapport à ceux de l'arbre : il correspond donc à ces vitesses critiques d'ordre supérieur des zones d'instabilité accrue particulièrement dangereuses dans l'échelle des vitesses.*

Par exemple pour $P = pl$ et $K = \frac{l}{4}$ on trouve pour les racines successives des deux équations

$$\frac{r_1 l}{2} = 1{,}20, \qquad \frac{r_2 l}{2} = 4{,}12, \qquad \frac{r_3 l}{2} = 7{,}2, \qquad \ldots,$$
$$\frac{r'_1 l}{2} = 3{,}75, \qquad \frac{r'_2 l}{2} = 7{,}1 \qquad \ldots.$$

En poussant l'approximation plus loin on obtient dans ce cas pour la première vitesse critique la valeur

$$\omega_1 = 5{,}693\sqrt{\frac{gEI}{Pl^3}}$$

exacte à 0,001 près.

J'ai obtenu pour le cas de l'arbre portant un disque et tournant dans des paliers assurant l'invariabilité de direction l'équation suivante :

$$\left(\alpha - \sum \frac{\cos rl \operatorname{sh} rl + \sin rl \operatorname{ch} rl}{1 - \cos rl \operatorname{ch} rl}\right)\left(\beta - \sum \frac{\cos rl \operatorname{sh} rl - \sin rl \operatorname{ch} rl}{1 - \cos rl \operatorname{ch} rl}\right) = -\left(\Delta \frac{\sin rl \operatorname{sh} rl}{1 - \cos rl \operatorname{ch} rl}\right)^2$$

dans laquelle α et β ont la même signification que plus haut et les abréviations Σ et Δ sont définies par

$$\Sigma f(l) = f(l_1) + f(l_2), \qquad \Delta f(l) = f(l_1) - f(l_2).$$

Cette équation se traite comme la précédente et conduit à des résultats analogues.

Le cas de l'arbre chargé d'un nombre quelconque de disques est traité dans un Mémoire détaillé.

ASTRONOMIE. — *Remarques sur les parallaxes dynamiques des étoiles doubles.* Note (¹) de M. D. **Barbier**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Rappelons que l'on appelle parallaxe dynamique d'une étoile double une parallaxe hypothétique déduite de son mouvement orbital, soit que l'orbite ait été complètement déterminée, soit que l'on ne connaisse qu'un petit arc de sa projection sur le plan tangent à la sphère céleste. C'est de ce dernier cas que nous nous occuperons ici, notre but étant de relever des erreurs généralement commises.

D'une manière très générale la parallaxe ϖ s'exprime à l'aide d'une formule de la forme suivante :

$$\varpi = \mathrm{M}^{-\frac{1}{3}} \alpha(j, \varphi, e, g)\, \beta(\rho, \rho', \rho'', \theta'),$$

M est la masse du système, $\alpha(j, \varphi, e, g)$ une fonction de l'angle j du rayon vecteur vrai et de sa projection, de l'angle φ du plan projetant normalement le rayon vecteur avec le plan de l'orbite, de l'excentricité e et de l'anomalie moyenne g; $\beta(\rho, \rho', \rho'', \theta')$ désigne une fonction du rayon vecteur projeté ρ, de ses dérivées par rapport au temps et de la dérivée θ' de l'angle de position.

A l'aide des probabilités $p(j, \varphi)\, dj\, d\varphi$ et $\mathrm{P}(e, g)\, de\, dg$ pour que j soit compris entre j et $j + dj$, φ entre φ et $\varphi + d\varphi$ et que e soit compris entre e et $e + de$ et g entre g et $g + dg$, on peut calculer la valeur moyenne $\overline{\alpha}$ de $\alpha(j, \varphi, e, g)$. La parallaxe dynamique est alors

$$\varpi = \mathrm{M}^{-\frac{1}{3}} \overline{\alpha} . \beta(\rho, \rho', \rho'', \theta').$$

On prend pour $p(j, \varphi)$ l'expression

$$p(j, \varphi)\, dj\, d\varphi = \frac{\cos j}{\pi}\, dj\, d\varphi. \tag{1}$$

Or cette formule n'est exacte que si l'on ne sait rien concernant le plan de l'orbite. Il est évident en effet que, si l'arc de courbe est rectiligne et si son prolongement passe par l'étoile principale, φ est nécessairement nul, alors que la formule (1) implique pour φ toutes les valeurs possibles entre 0 et π.

(¹) Séance du 19 octobre 1931.

On peut préciser davantage. On a

$$e^2 = \frac{(\omega \sin\varphi + \sin j \cos\varphi)^2 \cos^2 j + (\sigma \sin^2\varphi - \cos^2 j)^2}{\sigma^2 \sin^4\varphi},$$

avec

$$\omega = \frac{\rho'}{\rho\theta'}, \qquad \sigma = 1 - \frac{\rho''}{\rho\theta'^2}.$$

La condition $e^2 < 1$ entraîne la relation

$$(\omega^2 - 2\sigma + \cos^2 j) \tan^2\varphi + 2\omega \sin j \tan\varphi + 1 < 0.$$

On a d'abord

$$\cos j < \sqrt{\frac{2\sigma}{1+\omega^2}}.$$

Si $\frac{2\sigma}{1+\omega^2} < 1$, cette condition n'est pas toujours remplie. Elle donne d'ailleurs une limite inférieure de l'inclinaison i de l'orbite car $i > j$. D'autre part, on doit avoir :

$$\frac{-\omega - \sqrt{2\sigma}}{\omega^2 - 2\sigma} < \tan\varphi < \frac{-\omega + \sqrt{2\sigma}}{\omega^2 - 2\sigma}.$$

Ainsi $\tan\varphi$ ne peut varier qu'entre des limites bien déterminées.

Soit l'étoile βGC 7375. Pour l'année 1869, on a $\omega = 4{,}0$, $\sigma = 0{,}15$, par suite

$$\cos j < 0{,}13, \qquad -0{,}29 < \tan\varphi < -0{,}22, \qquad i > 82^\circ;$$

les données étant assez incertaines on pourrait avoir $\sigma = 1{,}0$ et par suite

$$\cos j < 0{,}34, \qquad -0{,}38 < \tan\varphi < -0{,}18, \qquad i > 70^\circ.$$

La formule (1) est à remplacer par la formule rigoureuse :

$$(2) \qquad p(j, \varphi)\, dj\, d\varphi = \mathrm{P}[e(j, \varphi, \omega, \sigma);\, g(j, \varphi, \omega, \sigma)] \frac{\mathrm{D}(e, g)}{\mathrm{D}(j, \varphi)}\, dj\, d\varphi.$$

Comme $\mathrm{P}(e, g)$ est inconnu, cette formule est malheureusement inutilisable, mais elle montre : 1° que $p(j, \varphi)$ et $\mathrm{P}(e, g)$ ne sont pas indépendants comme il était supposé; 2° que $\bar{\alpha}$ dépend de l'arc de courbe considéré et en particulier de ω et σ.

Pour $\mathrm{P}(eg)\, de\, dg$ on prend généralement une expression de la forme $\mathrm{P}_1(e)\, de\, dg$; nous venons de voir qu'elle est incorrecte puisqu'elle dépend de l'arc de courbe; en outre on fait l'hypothèse que la répartition de g est

uniforme. Nous avons montré (¹) que ceci n'est pas justifié dans le cas d'étoiles d'orbites inconnues; il en est de même lorsque l'orbite est connue. Pour celles d'entre elles de période supérieure à 100 ans et pour l'année 1900, on a :

$\pm g$	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°
Nombre de couples (%)	52,6	7,9	13,1	7,9	10,6	7,9	

Cette répartition dépend d'ailleurs de la longueur de l'arc connu de l'orbite et de la distance moyenne des étoiles considérées.

Comparons, par exemple, les parallaxes dynamiques ϖ_0 tirées des formules de Jackson et de Russell Hertzsprung, aux parallaxes trigonométriques ϖ du catalogue de Schlesinger (²). Les parallaxes dynamiques de Jackson sont extraites du catalogue de Greenwich (³). Pour 21 étoiles on a

$$\overline{\varpi_0} = 0'',0377 \quad \text{et} \quad \overline{\varpi} = 0'',0222.$$

L'écart de ces moyennes est assez considérable et, dans quatre cas seulement, on a $\varpi_0 < \varpi$.

Pour 174 parallaxes de Russell (⁴) on a $\overline{\varpi_0} = 0'',0313$, $\overline{\varpi} = 0'',0305$. Nous avons calculé les équations des droites de régression et le coefficient de corrélation r :

$$\varpi = 0'',0059 + 0,7826\,\varpi_0,$$
$$\varpi_0 = 0'',0038 + 0,9033\,\varpi,$$
$$r = 0,84.$$

En gros, l'accord est bien meilleur que pour la formule de Jackson, mais le coefficient de régression de la première droite est assez différent de l'unité, ce qui entraîne une erreur fonction de ϖ_0.

ASTRONOMIE. — *Le spectre de la Lune éclipsée.* Note de M. **J. Dufay**, présentée par M. Ch. Fabry.

I. La Lune traversant l'ombre de la Terre n'est plus éclairée que par les rayons réfractés par l'atmosphère terrestre; l'étude de son spectre permet

(¹) D. Barbier, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1635.
(²) *General catalogue of stellar parallaxes*, by Frank Schlesinger, 1924.
(³) *Catalogue of double stars* (Royal Observatory of Greenwich, 1921).
(⁴) H. N. Russell et G. E. Moore, *Dynamical parallaxes of 1777 double stars* (*Astronomical Journal*, **39**, 1929, p. 166).

donc d'observer à une échelle inaccoutumée les effets produits par la diffusion et l'absorption sélective dans notre atmosphère.

Ce spectre a été photographié déjà par M. A. de la Baume-Pluvinel (1) et par M. V. M. Slipher (2) pendant les éclipses partielles. Plus récemment, MM. J. M. Moore et L. A. Brigham ont obtenu un excellent cliché, au cours d'une éclipse totale, en utilisant une région située presque au bord de l'ombre géométrique (3).

Pendant l'éclipse totale du 26 septembre 1931, j'ai cherché à étudier à l'Observatoire de Lyon le spectre de régions beaucoup plus voisines du centre de l'ombre et à obtenir quelques renseignements numériques sur la répartition spectrale de la lumière éclairant la Lune.

Le spectrographe à deux prismes de flint de 60° est muni d'un objectif de 60mm d'ouverture et de 90mm de distance focale. La fente présente, dans sa hauteur, deux parties de largeurs différentes, permettant d'obtenir simultanément deux spectres dont les éclairements sont dans un rapport connu. Pour l'éclairer uniformément, on projette sur elle, au moyen d'un objectif auxiliaire, l'image de l'objectif du sidérostat. Un diaphragme circulaire, placé dans le plan focal du sidérostat, isole une région de la Lune de 15′ de diamètre, sur laquelle portent les observations.

Les plaques Lumière, étiquette bleue, ont été sensibilisées au pinacyanol pour les radiations visibles, jusque vers 7000 Å.

2. Une pose de 28 minutes a été faite pendant la totalité sur une région de la Lune dont le centre a été, en moyenne, distant de 13′,5 du centre de l'ombre. Une pose de 20 minutes a été faite pendant la seconde phase partielle sur une région de l'ombre dont le centre est resté à 28′,5 du centre de l'ombre.

Des poses de comparaison de durées variées ont été faites après l'éclipse sur la Lune, puis sur le ciel au voisinage immédiat. On diaphragmait dans le premier cas la face de sortie du second prisme avec une fente perpendiculaire aux arêtes.

Les clichés ont été étudiés au microscope et leur noircissement ont été mesurés au microphotomètre enregistreur.

---

(1) *Bulletin de la Société astronomique de France*, **17**, 1902, p. 225.

(2) V. M. Slipher, *On the Spectrum of the Eclipsed Moon* (*Astronomische Nachrichten*, **199**, 1914, col. 103).

(3) J. H. Moore et L. A. Brigham, *The Spectrum of the Eclipsed Moon* (*Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, **39**, 1927, p. 223).

3. Le spectre obtenu pendant la totalité s'étend de 5425 à 7040 Å environ, mais il est très faible de 5425 à 6030 Å. Il n'y a aucune trace d'impression dans le bleu, malgré la sensibilité relativement grande des plaques dans cette région. En dehors de la raie solaire $C(H_\alpha)$, on distingue les raies en bandes suivantes :

6867 Å, bande B de l'oxygène, extrêmement accentuée;

6460 Å, raie ou bande fine, non identifiée, probablement d'origine tellurique [1];

6305 Å, bande α de l'oxygène.

Deux bandes, situées vers 6100 et 6200 Å, sont trop faibles pour pouvoir être exactement repérées.

Les mesures photométriques projetées n'ont pu être exécutées que vers l'extrémité rouge du spectre. Soit R le rapport entre la brillance spectrale de la Lune éclipsée, et la brillance spectrale de la Lune après l'éclipse. En posant arbitrairement $R = 1$ pour la radiation 6555 Å, on obtient les nombres du tableau ci-dessous :

λ (Å).............	6310.	6445.	6555.	6683.	6810.	6935.
R..............	(0,45)	0,64	1,00	1,27	1,33	1,37

Le rapport R paraît augmenter très rapidement dès l'extrémité de la bande α de l'oxygène et jusque vers 6680 Å : dans cette région, sa valeur est à peu près doublée quand la longueur d'onde croît de 200 Å. Au delà, l'accroissement de R devient beaucoup plus lent.

4. Le spectre obtenu pendant la phase partielle s'étend de 3960 à 7000 Å et montre plus faiblement les mêmes bandes telluriques que le spectre de la phase totale. L'étude photométrique a conduit aux conclusions suivantes : dans les régions bleue et violette, la répartition de l'énergie est la même que dans le spectre du ciel au voisinage de la Lune non éclipsée. Toute l'impression obtenue au-dessous de 5000 Å peut être attribuée à la lumière diffusée par l'atmosphère éclairée par la partie de la Lune sortie de l'ombre et accessoirement à la lumière diffusée par le miroir et l'objectif du

(1) En plus d'une raie du calcium d'intensité 5 à 6461,8 Å et d'une raie du fer d'intensité 3 à 6462,9 Å, les Tables de Rowland indiquent la présence entre 6457 et 6454 Å de 13 raies telluriques faibles dont 7 entre 6450,1 et 6461,2 Å (*Astrophysical Journal*, 3, 1896, p. 358).

sidérostat. Dans l'extrême rouge même, moins d'un cinquième de l'éclairement, provient réellement de la partie de la Lune plongée dans l'ombre. Les valeurs numériques de R obtenues de 5500 à 6900 Å, en faisant abstraction de la lumière diffusée, sont, par suite, très incertaines. Elles croissent en même temps que la longueur d'onde et montrent une large bande d'affaiblissement autour de 6000 Å qui coïncide avec une bande de la vapeur d'eau et le maximum d'absorption de l'ozone atmosphérique.

ASTRONOMIE. — *Étude photométrique de l'éclipse de Lune du 26 septembre 1931.* Note de M. **René Gindre**, présentée par M. Ch. Fabry.

1. L'éclipse de Lune du 26 septembre 1931 a été observée dans d'assez bonnes conditions à l'Observatoire de Lyon. Le ciel, un peu nuageux pendant la première phase partielle, s'est progressivement éclairci pour devenir pur à partir du milieu de la totalité.

La grandeur stellaire visuelle de la Lune a été fréquemment mesurée pendant la totalité au moyen d'un photomètre universel sans écran diffusant de Fabry et Buisson (¹) légèrement modifié, dont le coin et les écrans absorbants ont été étalonnés au laboratoire. La distance focale de l'objectif est de 30^{cm}; au foyer de celui-ci est placé un œilleton de diamètre légèrement supérieur au diamètre de l'image de la Lune. On peut ainsi comparer sans difficulté la Lune éclipsée à des étoiles sensiblement plus faibles.

La Lune était comparée à la planète Saturne, qui se trouvait à peu près à la même distance zénithale. Les corrections d'absorption atmosphérique sont donc très réduites; les observations successives de Saturne ont permis de les évaluer. A partir du milieu de la totalité, la densité optique de l'atmosphère suivant la verticale a gardé la valeur constante $D = 0,09$, correspondant à une perte de grandeur au zénith de 0,225 magnitude.

Les observations devaient en outre être corrigées de la brillance du ciel : ces corrections ont été obtenues en faisant, après chaque série de pointés sur la Lune et sur Saturne, une série de pointés sur le ciel au voisinage de ces deux astres.

2. L'ensemble des mesures, comprenant 236 pointés, a permis de tracer la courbe représentant les variations de la grandeur stellaire de la Lune au

(¹) Ch. Fabry et H. Buisson, *Photomètre universel sans écran diffusant* (*Revue d'Optique*, 1, 1922, p. 1).

cours de l'éclipse totale. Les nombres du tableau ci-dessous donnent, en fonction de la distance du centre de la Lune au centre de l'ombre, la magnitude visuelle de la Lune, ramenée à sa distance moyenne à la Terre.

Distances.	Magn.	Distances.	Magn.
23′	−2,97	17′	−2,25
22	−2,82	16	−2,10
21	−2,68	15	−1,87
20	−2,47	14	−1,57
19	−2,37	13 30″	−1,42
18	−2,32		

On a pris comme magnitude visuelle de Saturne la valeur + 0,83. Celle-ci a été obtenue en comparant quelques jours plus tard Saturne à l'étoile Véga et en tenant compte de la variation de distance de la planète entre les deux soirées.

On a pris par définition la magnitude de Véga égale à + 0,14 ([1]) et, pour éviter les corrections d'absorption atmosphérique, on a suivi dans le cours de la soirée Saturne, Véga et Capella. En portant en abscisses les masses d'air, en ordonnées les magnitudes obtenues, ces observations ont permis de construire trois droites, parfaitement parallèles, dont les distances suivant l'axe des ordonnées mesurent la différence de magnitude de ces astres. Les observations de l'étoile Polaire, répétées à plusieurs reprises au cours de la soirée, ont d'ailleurs montré que la transparence de l'atmosphère était restée invariable ([2]).

3. Il est intéressant de comparer les résultats ci-dessus à ceux qu'ont obtenus par la même méthode MM. Dufay et Couder pendant l'éclipse du 14 août 1924 ([3]). La forme de la courbe correspondant à l'éclipse de 1931 diffère assez notablement de celle correspondant à l'éclipse de 1924, mais, pour une même distance au centre de l'ombre, la Lune était plus sombre en 1924 qu'en 1931. La différence est surtout accentuée dans la partie moyenne de l'ombre : à 18′ du centre de celle-ci, elle atteint une magnitude. Pour cette distance, la Lune était deux fois et demie, plus brillante pendant la plus récente éclipse.

([1]) *Harvard Revised Photometry* (*Harvard Annals*, 50, 1908, p. 158).

([2]) En prenant pour Véga la magnitude + 0,14, on obtient pour Capella + 0,26 et pour la Polaire + 2,07.

([3]) Dufay et A. Couder, *Étude photométrique de l'éclipse totale de Lune du 14 août 1924* (*Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 194, et *Bulletin de la Société astronomique de France*, **39**, 1925, p. 213).

ASTRONOMIE. — *Étude photométrique et colorimétrique de l'éclipse totale de Lune du* 26 *septembre* 1931. Note de M. **A. Danjon**, présentée par M. Ernest Esclangon.

J'ai observé l'éclipse de Lune du 26 septembre à Cavalaire (Var), sous un ciel très pur, et j'ai déterminé, en fonction de la distance au centre de l'ombre, la diminution d'éclairement qu'on aurait constatée sur un écran photométrique indéfini situé à la place de la Lune. Cette détermination a été faite à travers deux filtres colorés (Wratten 25 et 58), par la méthode que j'ai décrite à propos d'une autre éclipse (*Comptes rendus*, 173, 1921, p. 706), en substituant à l'appareil primitif un photomètre à œil-de-chat (*Annales de l'Observatoire de Strasbourg*, 2, fasc. 1, 1928).

Comme je l'ai indiqué en 1921, il est nécessaire de poursuivre les mesures pendant toute la durée du phénomène, car la courbe d'éclairement se construit de proche en proche, à partir de l'entrée dans la pénombre; la première partie, une fois tracée, fournissant les corrections indispensables à son prolongement jusqu'au centre de l'ombre. Il faut aussi tenir compte des inégalités de l'albedo du limbe lunaire, qu'on détermine par des mesures faites aussitôt après la sortie de la pénombre. L'éclairement du ciel ne donne lieu à aucune correction, grâce à l'emploi d'un photomètre à double image, car il se superpose aux deux plages à comparer, sans en altérer l'égalité.

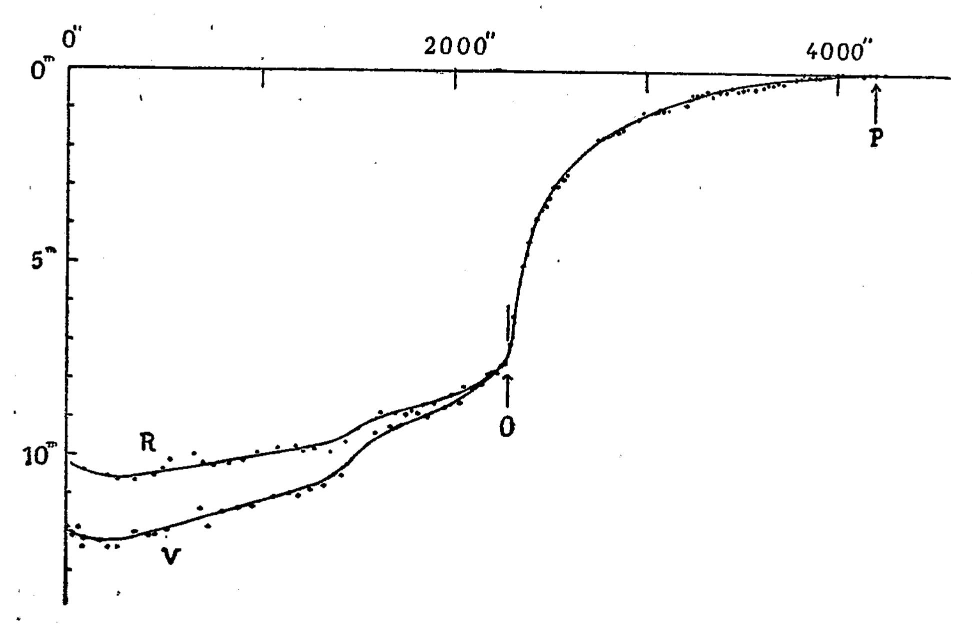
Dans ce qui suit, les densités de l'ombre (logarithme du rapport de réduction de l'éclairement) sont exprimées en magnitudes stellaires.

1° Ainsi que je l'ai toujours constaté, les densités observées dans la *pénombre* sont en accord excellent avec les densités que l'on calcule en admettant que la brillance au bord du Soleil est 0,4 de celle du centre. Toutefois, à moins de 3′ du bord de l'ombre, la lumière réfractée donne un éclairement sensible, et les points observés se séparent progressivement de la courbe calculée. Au bord géométrique de l'ombre, la densité était de $7^m,35$, valeur déjà obtenue le 16 octobre 1921.

2° Dans le tableau suivant qui donne les densités pour les deux écrans colorés, les distances sont comptées du centre de l'ombre en minutes d'arc :

r.	R.	V.	V — R.
′	m	m	m
0..........	10,20	11,95	1,75
5..........	10,60	12,28	1,68
10..........	10,32	11,82	1,50
15..........	10,12	11,39	1,27
20..........	9,75	10,90	1,15
25..........	9,35	9,97	0,62
30..........	8,75	8,99	0,24
35..........	8,24	8,34	0,10
38..........	7,35	7,35	0,00

Vers la distance de 25°, les deux courbes présentent une inflexion, plus accusée en lumière verte; elle correspond à une variation rapide de la différence V — R qui définit la coloration. Cette quantité variait lentement



Variation de la densité à l'intérieur du cône d'ombre.

de 0 à 20°, dans la région centrale où la teinte passait insensiblement du rouge cerise au rouge feu; plus rapidement de 20 à 30°, la Lune passant alors par toutes les teintes du Soleil couchant; enfin très lentement dans la partie extérieure de l'ombre, de 30 à 38°, qui paraissait gris légèrement rosé puis gris neutre. On remarque un maximum relatif de l'éclairement au

centre même de l'ombre. Il peut s'expliquer par l'existence d'une focale des rayons réfractés le long de l'axe du cône d'ombre.

3° Comparée aux éclipses des dix dernières années, dont la plus claire fut celle du 16 octobre 1921, l'éclipse du 26 septembre 1931 est caractérisée par l'éclat de la partie marginale de l'ombre. A 5° du bord de l'ombre, la densité en lumière rouge atteignait seulement $8^m,3$ au lieu de $9^m,1$ en 1921. En revanche, la partie centrale était un peu plus sombre cette année, mais la différence n'atteignait pas $0^m,3$.

Les variations marginales de la densité de l'ombre paraissent importantes, et elles présentent un intérêt particulier, les phénomènes atmosphériques qu'elles décèlent ayant leur siège à haute altitude, au delà de la région atteinte par les fluctuations météorologiques banales. La méthode que j'ai adoptée analyse ces variations avec plus de détails que ne le ferait la mesure des magnitudes globales, et elle a le grand avantage de s'appliquer aux éclipses partielles.

Remarques au sujet de la Note précédente, par M. **Ernest Esclangon.**

Les éclipses de Lune, sans grande importance actuellement au point de vue de l'Astronomie de position, ont, par leur étude photométrique systématique, un intérêt tout particulier car l'éclat résiduel de la Lune éclipsée (éclat qui se montre variable d'une éclipse à l'autre) est fonction de certaines propriétés optiques de l'atmosphère.

Il résulte de la Note de M. Danjon que ce sont, semble-t-il, les régions marginales de l'ombre, dont l'éclat est sous la dépendance des couches élevées de l'atmosphère, qui sont le plus sujettes à des variations importantes.

Cette conclusion pourrait être également déduite de certaines observations auxquelles se prêtait particulièrement l'éclipse du 26 septembre 1931.

La date de cette éclipse était voisine de celle de l'équinoxe d'automne. A ce moment, l'axe terrestre était sensiblement dans le plan du contour apparent de la Terre, vue de la Lune; en d'autres termes, les régions de l'atmosphère qui, par réfraction des rayons solaires, provoquaient l'éclat résiduel de la Lune éclipsée, étaient voisines d'un grand cercle passant par les pôles. Le long d'un tel cercle, il est évident que les basses couches atmosphériques sont dans des états physiques très différents; de sorte que, si elles interviennent réellement dans la densité de certaines parties de

l'ombre, il doit se produire une perturbation plus ou moins marquée de la symétrie du phénomène par rapport à la droite joignant le centre de la Lune au centre de l'ombre, perturbation en relation avec le diamètre qui, dans l'ombre, correspond à l'axe défini par les pôles terrestres.

Il aurait été intéressant d'étudier d'une manière précise les densités relatives de l'ombre à ce point de vue. Dans l'observation que j'ai faite de l'éclipse en Haute-Provence ([1]), mon attention avait été attirée sur cette particularité; je n'ai pu observer réellement aucune dissymétrie, mais je ne disposais que de moyens insuffisants et il me serait impossible de formuler une conclusion absolue sur ce point. L'inexistence de dissymétrie, au moins sur les parties marginales, entraînerait cette conséquence que, dans la formation de cette région de l'ombre, seules interviennent les couches élevées de l'atmosphère dont les propriétés optiques, à ce point de vue, seraient les mêmes aussi bien près que loin des pôles.

Dans tous les cas, l'observation des éclipses de Lune, voisines des équinoxes, pourrait se prêter d'une manière intéressante à l'étude de ce point particulier.

GÉODÉSIE. — *Sur quelques mesures de la gravité dans la région parisienne.* Note ([2]) de MM. **L. Éblé** et **E. Salles**, présentée par M. Georges Perrier.

Les mesures dont les résultats sont donnés ci-après sont exclusivement des mesures relatives; le point de départ choisi a été l'Observatoire de Paris où l'on a admis pour g la valeur de Defforges ramenée au système de Potsdam,

$$g = 980,943 \text{ cm/sec}^{-2}.$$

Elles ont été exécutées pendant l'été de 1931 au moyen d'un appareil de Sterneck.

L'observation consiste en la mesure, par la méthode des coïncidences, des temps d'oscillation de quatre pendules rectangulaires en invar, oscillant sous une cloche où l'on établit une pression très réduite de l'ordre du centimètre; le temps est mesuré au moyen d'un chronomètre de temps moyen

([1]) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 469.
([2]) Séance du 19 octobre 1931.

Nardin, à contacts électriques. Les constantes de l'appareil ont été déterminées au début de 1931 dans une salle du sous-sol de l'Institut de Physique du Globe, par M. Kostitzin, qui a étudié également l'influence de différents supports.

Le chronomètre était comparé avec la pendule directrice de l'Observatoire, immédiatement avant et après les séries d'oscillations, lorsqu'on travaillait dans la salle de gravité de cet établissement; en campagne, on utilisait les signaux horaires de la Tour Eiffel et de Bordeaux-Lafayette, quand le trafic commercial permettait de les saisir.

Les expériences de M. Kostitzin destinées à la détermination des corrections instrumentales ont conduit à une valeur de g au sous-sol de l'Institut de Physique du Globe; nous avons ensuite opéré, à titre d'essai, à l'Observatoire du Parc Saint-Maur (13 observations), ce qui a permis d'obtenir également une valeur de la gravité en ce point. Puis une importante série à l'Observatoire de Paris (30 observations) a fourni les valeurs de départ des temps d'oscillation en un lieu où la valeur absolue de la gravité était connue. Enfin deux séries ont été faites à Beauvais (12 observations) et à Versailles (11 observations), dans les sous-sols des lycées de ces deux villes.

Les résultats sont contenus dans le tableau suivant :

Valeurs de g (en cm/sec^{-2}).

Stations.	Altitudes.	Sans réductions.	Après corrections : d'altitude.	de Bouguer.	Anomalies (¹).
Observatoire de Paris.........	m 61	980,943	980,962	980,956	—0,006
Institut de Physique du Globe.	55	980,932	980,949	980,943	—0,020
Parc Saint-Maur..............	47	980,945	980,960	980,955	—0,006
Beauvais.....................	70	980,965	980,987	980,981	—0,035
Versailles...................	131	980,919	980,959	980,946	—0,012

GÉOGRAPHIE. — *Une mission scientifique au Tibesti.* Note de M. **Dalloni.**

Depuis la mémorable exploration de Nachtigal (1869), le Tibesti a été étudié, ces dernières années, par le lieutenant-colonel Tilho qui en a dressé, en 1925, une carte provisoire au $\frac{1}{1000000}$, ainsi que des régions voisines de

(¹) Après correction de Bouguer et par rapport à la valeur normale calculée par la formule de Helmert (1901).

Borkou et de l'Ennedi, en utilisant ses propres observations, ainsi que les renseignements fournis par d'autres officiers en opérations dans ces parages; le même auteur avait déjà communiqué à l'Académie les principaux résultats de ses voyages ([1]) puis, d'après les échantillons rapportés par lui, M. A. Lacroix avait décrit les caractères des roches volcaniques du Tibesti et en particulier de l'Emi Koussi ([2]). D'autre part, le commandant Rottier a publié ses observations sur la partie nord-ouest du massif ([3]), où il a recueilli des matériaux qui ont permis à M. Denaeyer d'en esquisser la géologie ([4]).

Le Tibesti a été rattaché administrativement à la Colonie du Tchad et des postes ont été créés en divers points pour assurer l'ordre et la sécurité dans ce pays, qui prolonge ainsi, vers le Nord, nos territoires de l'Afrique équatoriale française jusqu'aux frontières de la Libye.

Le moment a paru favorable à M. le ministre des Colonies pour décider qu'une mission scientifique se rendrait au Tibesti, afin d'en étudier la constitution géologique et la minéralogie, compléter le réseau géodésique et relever la topographie des parties les moins connues du massif. Cette mission vient de rentrer en France après un voyage de huit mois (octobre 1930-mai 1931). J'ai eu l'honneur de la diriger avec, comme collaborateurs, les capitaines Simon et Cance, des troupes coloniales, et M. de Choubersky, licencié ès sciences.

Je rappelle que le Tibesti est une région de hautes montagnes, à peu près également distante des rives du lac Tchad et de celles de la Méditerranée et séparant le Sahara du Désert libyque. C'est par le Sud que nous l'avons abordée, après avoir traversé depuis Faya les plateaux rocheux du Borkou; mais nous avons contourné, à partir de Yono, le pied du Koussi, pour explorer le versant oriental du massif. Des vallées profondément encaissées dans les grès siluriens, puis vers l'origine ensevelies sous le sable, nous ont conduit en quelques journées sur la crête des « tarsos », ligne continue de hauts plateaux très accidentés par les chaînons volcaniques qui hérissent de mille aspérités la plate-forme primaire; c'est à la limite des deux zones que

---

([1]) *Comptes rendus*, 168, 1919, p. 984 et 1081; en collaboration avec M. A. Lacroix, 168, 1919, p. 1169 et 1237. Plus récemment, le lieutenant-colonel Tilho a publié un important Mémoire : *Du lac Tchad aux montagnes de Tibesti* (1926).

([2]) *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 402.

([3]) *Renseignements coloniaux* du Comité de l'Afrique française, n° 1, 1924.

([4]) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 472.

se présentent les villages de Goumeur et d'Aozi, ainsi que quelques petites palmeraies voisines, cachées dans de véritables cañons, près de sources assez abondantes : ils nous ont servi de bases pour visiter ce pays de parcours difficile, où des nappes basaltiques d'aspect tabulaire, aux parois abruptes, sont séparées par des falaises ébouleuses de tufs et de rhyolite.

D'Aozi, la mission, obliquant au Nord-Est, est redescendue jusqu'à Ouri, à travers d'interminables plaines sablonneuses, presque dépourvues d'eau et de végétation, avec quelques collines de grès qui se prolongent par l'important chaînon désigné sous le nom de Kemet sur la carte Tilho et que les indigènes nomment Dohon Tarso. A partir du Pic Bette (2286^{m}), cet éperon gréseux paraît encore surmonté par des laves; sa direction, assez différente de celle qui est figurée sur les cartes, forme un angle d'environ 70° E. avec le Nord géographique, mais il représente l'axe d'un éventail dont l'aile occidentale comprend une série de chaînons orientés sensiblement Nord-Ouest, Sud-Est, l'ensemble constituant un massif dont l'existence était insoupçonnée.

Au point de vue géologique, on est là dans une région complètement différente des précédentes; c'est une succession indéfinie de plis parallèles, dirigés Nord-Sud ou Nord-Nord-Est — Sud-Sud-Ouest, fortement serrés, constitués par des terrains cristallins (granite, diorite, etc.) toujours écrasés, des schistes et des grès avec quelques lentilles calcaires, en bancs verticaux et très disloqués. Tout le front septentrional du Tibesti, depuis le Kemet jusqu'aux environs de Wour et d'Abo, vers l'Ouest, sur près de 350^{km}, offre les mêmes caractères, avec prédominance des schistes dans cette dernière région. Par ailleurs, le pays est extrêmement raviné et sur le sol imperméable, couvert de maigres pâturages dans le lit des torrents, les eaux s'écoulent rapidement pour aller se perdre dans les dépressions sablonneuses qui bordent au Nord le massif.

C'est sur ce substratum profond, d'âge antécambrien que repose, comme une couverture à peine gondolée et déformée par les mouvements plus récents, la puissante assise des grès siluriens dont la surface est absolument désertique, tandis que les eaux d'infiltration, émergeant au niveau des schistes, donnent la vie aux jardins de Bardaï, d'Ozou, de Guezenti, etc.; ce sont ces mêmes eaux de la base du Silurien, qui, sur le versant sud, alimentent les palmeraies du Borkou.

De Bardaï, la mission a pu explorer la haute chaîne volcanique qui domine le plateau gréseux et qui, orientée sensiblement de l'Est à l'Ouest, comprend une série de pitons dépassant parfois 3000^{m}. Enfin,

le retour sur Faya a permis de faire une coupe centrale du massif et de constater que, sous les basaltes du Tieroko, les grès siluriens reposent encore sur des terrains cristallins et des schistes, formant une large boutonnière dans la vallée de Miski.

En résumé, malgré les difficultés matérielles, tous les objectifs assignés à la mission ont été atteints. La structure géologique du Tibesti ressort avec évidence de la carte schématique au $\frac{1}{1000000}$ qui a pu être dressée et qui ne comporte plus que quelques lacunes sans grande importance. Les coordonnées des points déterminés par le C[ne] Simon, quoiqu'en partie provisoires, ont été utilisées pour la mise en place des itinéraires levés par le C[ne] Cance (1855[km]) et qui, construits au $\frac{1}{200000}$, seront rassemblés sur une feuille de projection à l'échelle du $\frac{1}{500000}$.

En outre, des fouilles ont été pratiquées dans la nécropole d'Aozou; elles ont fourni des crânes et diverses parties du squelette d'anciens habitants du pays; plusieurs stations préhistoriques ont donné de nombreuses pierres taillées et quelques haches polies. Les documents anthropologiques et ethnographiques ont été complétés par des calques de gravures et peintures rupestres. Une importante collection de roches, un herbier de toutes les plantes rencontrées en cours de route, ainsi que les collections entomologiques recueillies, sont étudiés au Muséum national d'histoire naturelle.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un système électrique auto-entretenu utilisant un tube à néon.* Note de MM. **B. Decaux** et **Ph. Le Corbeiller**, présentée par M. G. Ferrié.

1. Si l'on monte en série une batterie de piles, un tube à néon et un condensateur, on observe, pour des valeurs convenables des constantes des organes employés, des éclats brefs du tube, séparés par une extinction de longue durée. Par exemple, avec une tension de 200 volts et un condensateur de 6 microfarads, présentant une résistance de fuite de 20 mégohms, une lampe veilleuse de type courant fournit des éclats espacés d'environ 20 secondes.

Chaque période du phénomène comporte deux phases. Pendant la première, le condensateur se charge rapidement à travers la résistance offerte par le tube à néon allumé; la tension aux bornes de celui-ci baisse jusqu'au seuil d'extinction v_e. Pendant la seconde, le condensateur se décharge lentement sur sa résistance de fuite; la tension aux bornes du tube croît jusqu'au seuil d'allumage $v_a > v_e$.

Ce raisonnement conduit, en assimilant à une ligne brisée la caractéris-

tique de la lampe à néon, à des calculs simples dont les résultats quantitatifs sont en bon accord avec l'expérience.

2. On a admis, dans ce qui précède, que les régimes de charge et de décharge se substituaient l'un à l'autre instantanément avec discontinuité des courants. La continuité de ceux-ci est, en réalité, assurée par la self-induction du circuit entier, qui a une valeur très petite mais non nulle. Si, pour tenir compte de cet effet, on suppose qu'une self-inductance L, de valeur quelconque, soit en série dans le circuit, et qu'on représente par

$$v - v_0 = -\rho(i - i_0) + \gamma(i - i_0)^3$$

la caractéristique d'une résistance non linéaire équivalente au tube à néon, on trouve que la partie variable i du courant total $i_0 + i$ satisfait à l'équation non linéaire du second ordre

$$\frac{d^2 i}{dt^2} - \frac{1}{L}(\rho - 3\gamma i^2)\frac{di}{dt} + \frac{i}{CL} - \frac{1}{CL}(\rho i - \gamma i^3) = 0, \quad (1)$$

qui représente cette fois la totalité du phénomène.

Remplaçant i et t par des variables sans dimensions y et x, on amène cette équation à la forme

$$y'' - \varepsilon(1 - y^2)y' + y - k\left(y - \frac{y^3}{3}\right) = 0, \quad (2)$$

où ε et k sont des constantes positives, la seconde inférieure à l'unité.

3. On utilise ordinairement, pour obtenir à partir d'un tube à néon un phénomène périodique, un montage différent en vertu duquel un condensateur se décharge lentement à travers une résistance en série avec lui, et se décharge brusquement dans un tube à néon monté en parallèle. M. B. van der Pol [1] a rattaché ce dernier phénomène périodique, ainsi qu'un grand nombre d'autres, à l'équation

$$y'' - \varepsilon(1 - y^2)y' + y = 0 \quad (3)$$

dont l'équation (2) ne diffère que par la présence du terme supplémentaire $k\left(y - \frac{y^3}{3}\right)$.

L'existence d'une solution périodique unique de l'équation (3) a été démontrée par M. Liénard [2]. Une telle solution correspond à une courbe

---

(1) B. van der Pol, *Ueber Relaxationsschwingungen* (*Zeitschrift für Hochfrequenztechnik*, 28, 1926, p. 178, et 29, 1927, p. 114).

(2) A. Liénard, *Étude des oscillations entretenues* (*Revue générale d'Électricité*, 23, 1928, p. 901 et 946).

intégrale fermée (ou cycle limite) de l'équation du premier ordre

$$\frac{dy}{z} = \frac{dz}{\varepsilon(1-y^2)z - y}. \tag{4}$$

En s'appuyant sur ce résultat on peut démontrer l'existence d'une solution périodique unique de l'équation (2). Celle-ci en effet correspond à l'équation

$$\frac{dy}{z} = \frac{dz}{\varepsilon(1-y^2)z - y + k\left(y - \frac{y^3}{3}\right)}, \tag{5}$$

et l'on voit aisément que la présence du terme supplémentaire ne modifie pas les relations de situation entre les courbes sphériques que considère la théorie de Poincaré.

4. On a donc ainsi l'explication complète, mathématique et physique, du phénomène observé.

L'étude précédente fournit une méthode simple de mesure de la résistance de fuite d'un condensateur, d'un emploi plus pratique que les méthodes habituelles.

PIÉZO-ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'origine de la troisième fréquence fondamentale des quartz piézo-électriques oscillants.* Note de M. **Edgar Pierre Tawil**, présentée par M. Ch. Fabry.

On sait qu'un quartz piézo-électrique oscillant présente trois fréquences fondamentales. A première vue, ces trois fréquences semblent correspondre à des vibrations longitudinales se propageant suivant les trois dimensions du cristal ou plus exactement suivant trois directions principales, l'une parallèle à un axe binaire, l'autre normale aux axes binaire et optique, la dernière parallèle à l'axe optique.

Un examen plus attentif interdit l'hypothèse de vibrations dans cette direction, ayant pour origine un phénomène piézo-électrique. En effet, les lois de Curie stipulent qu'une pression exercée sur l'axe optique ne provoque *aucun* dégagement électrique et réciproquement qu'une différence de potentiel appliquée sur les faces piézo-électriques ne modifie pas la dimension de l'axe optique. De plus, tandis que les fréquences fondamentales des vibrations se propageant suivant la direction d'un axe binaire ou une direction perpendiculaire à cet axe sont en assez bon accord avec celles

calculées à partir de la formule de Newton, la troisième fréquence mesurée s'écarte de celle prévue de près de 25 pour 100.

En présence de ce dilemme, fallait-il admettre que l'axe optique ne subit aucune déformation ?

J'ai déjà démontré ([1]) l'existence de vibrations suivant l'axe optique, sans toutefois préciser leur nature et leur origine. Je crois aujourd'hui pouvoir les attribuer à la réciprocité d'un phénomène que j'ai signalé récemment ([2]). En effet, j'ai indiqué, que si l'on fléchit un cylindre de quartz, dont la génératrice est parallèle à l'axe optique, on obtient un dégagement d'électricité de signes contraires aux extrémités d'un axe perpendiculaire à l'axe optique et à la direction de la force agissante et cela quelle que soit l'orientation du plan de flexion. Si donc, cas particulier de cette loi, on vient à fléchir l'axe optique, dans un plan contenant un axe binaire, on obtient un dégagement de signes contraires aux extrémités de l'axe binaire. Réciproquement si l'on applique une différence de potentiel aux extrémités de cet axe, c'est-à-dire de la façon usitée en piézo-électricité, on doit obtenir un fléchissement de l'axe optique. Cette hypothèse, quoique basée sur un phénomène direct, aurait gagné à être corroborée par la confrontation de la fréquence mesurée avec celle prévue. Malheureusement, le calcul de la fréquence des vibrations transversales se propageant dans un milieu anisotrope devient fort difficile quand il doit s'appliquer à un cristal libre et ayant la forme et les dimensions que l'on donne habituellement aux cristaux piézo-électriques.

Toutefois, si la fréquence en question est bien due à des flexions, il est évident que l'épaisseur et la longueur du cristal doivent intervenir.

Une constante qui, comme celle de Hund, ne ferait intervenir qu'une dimension ne saurait être valable que dans des cas exceptionnels. En se reportant aux Tables de Hund ([3]), qui indiquent la forme, les dimensions et les fréquences correspondantes des cristaux, on peut faire une constatation qui n'est peut-être pas due à un simple hasard. Tandis que pour les cristaux circulaires, dans lesquels les deux dimensions se trouvent suivant des diamètres, la fréquence mesurée, ramenée à l'unité de longueur, fournit une constante pratiquement invariable; cette constante devient impossible à établir avec des cristaux rectangulaires. Dans ce cas, en effet, les fréquences ramenées à l'unité de longueur varient considérablement.

([1]) *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 163.
([2]) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 274.
([3]) *Proc. of Inst. of Radio Ing.*, 14, iv, 1926.

OPTIQUE PHYSIQUE. — *Réalisation d'une lame quart d'onde pour l'ultraviolet à l'aide de quartz oblique.* Note de MM. **G. Bruhat** et **J. Thouvenin**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons étudié l'emploi comme compensateur quart d'onde dans l'ultraviolet d'un système formé de deux lames de quartz perpendiculaires à l'axe, l'une droite et l'autre gauche, que nous inclinons sur le faisceau lumineux. Les deux lames ayant des épaisseurs égales, l'étude du système d'après la théorie de Gouy montre que son action sur une vibration elliptique quelconque est la même que celle d'une lame biréfringente dépourvue de pouvoir rotatoire. Désignons par ρ et φ la rotation et la biréfringence produites par une des lames, et posons

$$\operatorname{tang}\alpha = 2\frac{\rho}{\varphi}, \qquad 2x = \sqrt{\varphi^2 + 4\rho^2};$$

appelons $4y$ la biréfringence de la lame composée, et ω l'angle que fait avec le plan d'incidence l'une des vibrations rectilignes qu'elle transmet sans altération. On obtient immédiatement sur la sphère de Poincaré les relations

$$\operatorname{tang}2\omega = \sin\alpha \operatorname{tang}x, \qquad \sin 2\omega = \operatorname{tang}\alpha \operatorname{tang}y,$$
$$\sin y = \sin x \cos\alpha, \qquad \cos x = \cos 2\omega \cos y.$$

Pour les systèmes quart d'onde $\left(4y = \frac{\pi}{2}\right)$, ces formules permettent de calculer, en fonction de ω, les quantités α, x, ρ, φ; les tableaux ainsi dressés permettent, connaissant la valeur ρ de la rotation produite par l'une des lames pour une radiation donnée, de calculer la biréfringence φ, et par conséquent l'inclinaison i qu'il faut donner au système pour qu'il soit quart d'onde pour cette radiation.

Les lames que nous avons employées avaient chacune une épaisseur de 107μ; le système des deux lames était monté sur un double cercle divisé, permettant de faire varier et de mesurer l'inclinaison i et l'azimut du plan d'incidence. Placé entre deux glazebrooks, et éclairé par les diverses radiations fournies par un arc au mercure Gallois et un monochromateur double, il nous a bien donné les résultats prévus. L'appareil peut se régler instantanément, par variation de i, de façon à être quart d'onde pour la longueur d'onde employée, et les mesures d'ellipticité

peuvent être faites dans l'ultraviolet en employant la méthode de Senarmont.

Mais le système présente l'inconvénient *de n'être pas à champ normal;* tout déplacement angulaire du faisceau entraîne une variation de la position des lignes neutres, et les mesures dépendent du point du champ pour lequel on fait les pointés. Il ne peut donc être employé qu'avec un faisceau très peu divergent, et exige un réglage de mise en place particulièrement délicat. Aussi estimons-nous qu'il ne peut pas être utilisé à des mesures de précision; il peut toutefois rendre des services, comme en ont rendu les nicols, si l'on accepte des erreurs de l'ordre d'une quinzaine de minutes sur les mesures d'ellipticités.

Nous décrirons en détail dans un autre Recueil les essais que nous avons effectués. Nous nous contenterons ici de donner les valeurs de l'incidence i qui rendent le système quart d'onde pour diverses radiations du spectre visible et du spectre ultraviolet; la première ligne donne les valeurs calculées d'après les indices des Tables, la seconde donne les valeurs que nous avons déterminées expérimentalement en utilisant l'appareil à l'étude d'une vibration elliptique par la méthode de Stokes :

λ(Å)	2537.	3128.	3657.	4358.	5461.
i calculé	15°20′	17°22′	19°1′	20°56′	23°44′
i observé	15.16	17.17	19	20.57	23.35

La concordance est aussi satisfaisante qu'on peut l'espérer: ces mesures vérifient donc bien la théorie de Gouy de la superposition de la biréfringence et du pouvoir rotatoire.

Les valeurs calculées pour i varient très peu lorsqu'on modifie la valeur admise pour la rotation ρ : la mesure de i ne nous apprend rien sur la question, encore insuffisamment éclaircie, de la variation du pouvoir rotatoire avec l'inclinaison du plan d'onde sur l'axe optique. Au contraire, l'azimut ω des lignes neutres, qui est voisin de $\frac{\rho}{2}$, dépend essentiellement de la rotation: c'est pourquoi nous avons déterminé les valeurs de cet azimut correspondant à diverses valeurs de l'incidence i pour une même longueur d'onde, $\lambda = 2653$ Å. Les mesures, conduites de façon à éliminer les erreurs de réglage, donnent les valeurs de 2ω avec une précision de 5 à 6 minutes. Le tableau suivant donne les valeurs observées de 2ω, puis les valeurs de $2\omega_1$ calculées en admettant que la rotation a la valeur constante $\rho_0 = 14°12'$, et enfin les valeurs de $2\omega_2$ calculées en admettant que la rotation est liée à l'angle r de

la normale à l'onde extraordinaire dans le quartz avec l'axe optique par la relation $\rho = \rho_0 \cos^2 r$:

i	7°52′	16°3′	20°12′	22°30′	24°26′
2ω	14.12	14.39	15.45	17.20	19.10
$2\omega_1$	14.15	15. 3	16.34	18.14	20.34
$2\omega_2$	14. 9	14.36	15.48	17.11	19.13
$2\omega_1 - 2\omega$	+3	+24	+49	+54	+84
$2\omega_2 - 2\omega$	−3	− 3	+ 3	− 9	+ 3

On voit qu'*il n'est pas douteux que la rotation produite par une lame de quartz perpendiculaire à l'axe, inclinée sur le faisceau lumineux, varie avec l'inclinaison, et doive être représentée par la formule* $\rho = \rho_0 \cos^2 r$.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur la dissymétrie moléculaire.* Note de M. **R. de Mallemann**, présentée par M. A. Cotton.

J'ai montré, dans deux Notes récentes, comment la dissymétrie d'une molécule, et, plus généralement, d'un assemblage quelconque, pouvait être définie *quantitativement* par la valeur de l'*automoment* de polarisation. La dissymétrie est mesurée par le volume du tétraèdre construit sur les deux vecteurs équivalents au système formé par les polarisations atomiques. D'après le *théorème de Chasles*, cette grandeur est constante (pour chaque direction du champ) et égale à la somme des volumes de tous les tétraèdres qu'il est possible de former en combinant les vecteurs atomiques deux à deux. La dissymétrie moléculaire est ainsi définie par rapport à toutes les directions de l'espace; *elle varie avec la direction.* Du point de vue physique, il y a lieu de distinguer la *dissymétrie totale ou électrique*, correspondant à l'*ensemble* des couples de polarisation (anisotropes et rotatoires), et la *dissymétrie rotatoire ou optique*, définie par les seuls couples rotatoires; ceux-ci ont, en effet, un sens particulier qui modifie le caractère de la polarisation optique (ce qui n'est pas le cas des couples d'anisotropie). La dissymétrie optique d'une molécule est donc mesurée, dans chaque direction, par la valeur correspondante de l'automoment *rotatoire*, mais cette définition, si simple, est très condensée, et il est utile de la décomposer en éléments rapportés à des directions moléculaires fixes. Les couples rotatoires dépendent à la fois des susceptibilités vectorielles $\overrightarrow{d_{kj}}$ (atomiques), et des distances interatomiques r_{kj} (longueurs des arêtes du polyèdre moléculaire); le couple

résultant s'exprime sous forme tensorielle, en fonction des *neuf* paramètres :

$$D_{xx} = \Sigma x\, d_x, \quad D_{xy}, \quad \ldots$$

ces quantités sont les *neuf dissymétries optiques* de la molécule par rapport au trièdre moléculaire choisi [1] (par exemple son trièdre principal). L'invariant

$$\Omega = \frac{1}{3}(D_{xx} + D_{yy} + D_{zz})$$

mesure la dissymétrie moléculaire *moyenne* [2].

Dans le cas d'un *champ propagé par ondes* sinusoïdales, les deux vecteurs qui composeraient chacun des couples dans un champ uniforme ne sont plus rigoureusement égaux (en raison du diphasage); ces différences déterminent une *polarisation*, proportionnelle aux couples primitifs, qui s'ajoute (géométriquement) à la résultante principale; ce petit effet différentiel modifie la polarisation (expérimentale) des ondes transmises. D'autre part, les paramètres de direction ne sont plus ceux du champ, mais ceux de la *normale* à l'onde, α, β, γ, et la polarisation rotatoire (au sens précis qui vient d'être défini) dépend ainsi d'un vecteur qui est fonction de α, β, γ, et des neuf dissymétries D; c'est le *vecteur rotatoire* [3]. En projetant ce vecteur sur la normale, et prenant la moyenne par rapport à toutes les directions possibles, on retrouve l'invariant Ω; la dissymétrie moléculaire moyenne est donc mesurée par le pouvoir rotatoire du fluide (pseudo-isotrope). Cette conclusion, entrevue depuis longtemps, mais d'une manière très vague, a maintenant un sens bien défini et précis.

---

(1) Les couples rotatoires ont pour expression :

$$\vec{l} = \left[\left(\vec{d}, \vec{h}\right)\vec{r}\right] = \vec{h}(d, r) - \vec{d}(h, r);$$
$$L_x = \Sigma l_x = (D_{yy} + D_{zz})h_x - D_{xy}h_y - D_{xz}h_z, \quad \ldots$$

L_x étant la composante, suivant Ox, du couple *résultant*, ce qui précise le sens physique des dissymétries.

(2) L'automoment *moyen* serait mesuré par l'invariant du bitenseur couple-polarisation, mais les définitions sont pratiquement équivalentes.

(3) Ces définitions ont été introduites il y a quelques années (*Ann. de Phys.*, 22, 1924, p. 192; *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1374). Mais je dois rectifier ici certaines indications antérieures : 1° le tenseur rotatoire n'est pas symétrique (tenseur + vecteur); les neuf dissymétries peuvent donc être réduites à *six* mais non à trois (en général); 2° le pouvoir rotatoire peut exister, *théoriquement*, dans les assemblages ayant *un seul plan de symétrie;* il s'annulerait normalement au plan de symétrie et, bien entendu, dans ce plan.

Les dissymétries d'une molécule quelconque peuvent être calculées en considérant successivement toutes les combinaisons tétraédriques possibles des atomes, il suffit donc d'indiquer leurs expressions générales pour un tétraèdre. Soient r_{jk} les longueurs des arêtes du tétraèdre; X_{jk}, Y_{jk}, Z_{jk} leurs projections sur trois axes rectangulaires, *a priori* quelconques (on doit conserver l'*ordre* des indices dans X, Y, Z : $X_{jk} = x_j - x_k$, ...). Posons

$$a_{jk} = \frac{3X_{jk}^2 - r_{jk}^2}{r_{jk}^5}, \qquad \beta_{jk} = \frac{3X_{jk}Y_{jk}}{r_{jk}^5}, \qquad \gamma_{jk} = \frac{3X_{jk}Z_{jk}}{r_{jk}^5}, \qquad \ldots,$$

les *six* coefficients tensoriels jk ($a_{jk} = a_{kj}$, ...) étant pris dans l'ordre a, β, γ; β, b, α; γ, α, c. Il y aura donc 36 coefficients distincts, puisque les doubles indices doivent être formés par les six combinaisons binaires des chiffres 1, 2, 3, 4. On obtiendra D_{zz}, par exemple, de la manière suivante :

$$D_{zz} = \Sigma z_j d_{zj} = \Sigma Z_{jk} \Sigma a_{lm} [(a_{km}\beta_{lj} - a_{lj}\beta_{km}) + (a_{kl}\beta_{mj} - a_{mj}\beta_{kl})].$$

Le facteur de Z_{jk} se compose de neuf crochets formés en combinant les lettres $a, b, c, \alpha, \beta, \gamma$, 3 à 3, suivant un ordre déterminé par celui des coefficients tensoriels, les signes étant conformes à ceux des parenthèses et les doubles indices indiqués (soit toutes les combinaisons 2 à 2 des lettres j, k, l, m, *sauf* jk) [1]. La somme extérieure se forme en prenant comme doubles indices (Z_{jk} compris), toutes les combinaisons 2 à 2 de chiffres 1, 2, 3, 4. On aurait ensuite D_{zx} et D_{zy} en remplaçant Z par X puis Y. On passerait de D_{zz} à D_{xx} en conservant les lettres placées *devant* chaque *crochet* et permutant les lettres entre parenthèses (indices conservés) suivant l'ordre des coefficients tensoriels; de même pour passer de D_{xx} à D_{yy}. On obtiendrait ainsi les expressions des neuf dissymétries D. Chacune renferme 192 termes; l'invariant Ω, donc le *pouvoir rotatoire* d'un fluide formé de molécules *tétraédriques* (les plus simples possibles), serait ainsi la somme de 576 produits ternaires. Ce nombre peut être réduit très notablement par un choix convenable des axes de coordonnées, mais le calcul explicite serait néanmoins long et pénible. Une molécule réelle exigerait le calcul de plusieurs groupes tétraédriques et ceci en première approximation : on voit que le problème *général* de l'activité optique est, *pratiquement*, un des plus compliqués de toute la physique [2]. On peut néanmoins contrôler les principes de la

---

(1) Les composantes des susceptibilités vectorielles $\vec{d}$ suivant les arêtes du tétraèdre sont égales et de signes contraires; d'où $\Sigma z_j d_{zj} = \Sigma Z_{jk} d_{zjk}$.

(2) Cette complication résulte de la nature même du problème; des relations essen-

théorie en choisissant certains tétraèdres irréguliers dont la forme particulière annule un nombre considérable de coefficients, entre autres, le tétraèdre *trirectangle*. J'ai montré en 1925 que les *ordres de grandeur* ainsi calculés sont exacts.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Sur le changement magnétique des raies d'absorption du peroxyde d'azote*. Note de MM. **Pierre Lambert** et **Ion Agarbiceanu**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Note récente (*Nature*, 128, 1931, p. 545), M. R. W. Wood résume des observations qu'il a faites sur l'influence du magnétisme sur le spectre de bandes de NO^2. M. Wood étudie le spectre de rotation magnétique qu'il obtient, comme on sait, en plaçant entre deux nicols le gaz absorbant soumis au champ magnétique. M. Wood a trouvé, comme il s'y attendait pour des raisons théoriques, une simplification du spectre produite par le champ magnétique; il indique qu'un spectroscope plus dispersif serait nécessaire pour préciser les changements observés.

Or précisément nous avions, au mois d'avril de cette année, commencé à Bellevue, avec le grand électro-aimant, sur le conseil de M. Cotton une étude analogue en employant le spectre de premier ordre d'un réseau concave. Nous n'avions pas étudié, dans ces conditions, le spectre de rotation magnétique qui nous avait paru, avec cette dispersion, trop peu intense; nous avions simplement examiné les raies d'absorption formant le spectre avec ou sans champ, la lumière venant directement de la source et transmise par le tube normalement aux lignes de force traversant seulement un analyseur. La colonne de vapeur avait 11^{cm} de longueur. La pression était réglée en refroidissant une paroi du tube. Pour une température d'environ 6°C., la sensibilité de certaines lignes d'absorption au champ magnétique a été reconnue assez nettement sur des clichés photographiques du spectre. Par exemple une raie $5880 \pm 0,5$ Å, qui n'existe pas en dehors du champ, apparaît quand on excite l'électro-aimant, mais

tiellement dissymétriques ne comportent aucune réduction. D'autre part, toute approximation est interdite parce que les expressions à calculer sont des *différences* de termes du même ordre de grandeur. Enfin ces termes eux-mêmes ne peuvent être évalués actuellement que d'une manière très grossière, puisqu'ils dépendent des distances des atomes dans les molécules.

seulement dans le spectre des vibrations normales au champ, tandis qu'elle est invisible pour des vibrations parallèles au champ. On a observé aussi d'autres changements moins nets, il faudra pour les préciser que le travail soit poursuivi.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude du ferrite de glucinium et de l'oxyde ferrique provenant de sa décomposition.* Note [1] de MM. **H. Forestier** et **M. Galand**, présentée par M. Ch. Fabry.

Dans une récente Note [2] sur la structure des ferrites (Fe^2O^3MO), l'un de nous a montré que ces composés pouvaient avoir deux types de structure différents suivant que le rapport des diamètres de l'ion O à l'ion M de l'oxyde MO était supérieur à 0,96 (type hexagonal) ou inférieur à 0,62 (type cubique), leurs propriétés magnétiques étant liées à ces variations de structure. Le petit diamètre de l'ion glucinium nous conduisant à penser que l'on pourrait trouver pour le ferrite de glucinium un troisième type de structure, différent de ceux des autres ferrites [3], nous avons préparé et étudié cette nouvelle combinaison; en outre, nous avons pu mettre en évidence un oxyde ferrique attirable à l'aimant, provenant de la décomposition du ferrite, et étudier son mode de formation qui est voisin de celui de l'oxyde de Malaguti.

Le ferrite de glucinium a été préparé d'après la méthode générale indiquée antérieurement [4], par addition d'ammoniaque en excès au mélange équimoléculaire des solutions de chlorure de glucinium et de nitrate ferrique; les variations de propriétés magnétiques de ce composé, en fonction de la température, nous ont paru dès l'abord assez complexes, elles étaient dues, comme on va le voir, à la décomposition du ferrite au-dessous de 400°; sa courbe d'analyse thermomagnétique (*fig.* 1) montre que l'intensité d'aimantation à l'échauffement passe par un maximum à 480°, puis par un minimum à 620°, et enfin, indique le point de Curie du sesquioxyde de fer stable à 675°; au refroidissement, la courbe est identique à

(1) Séance du 19 octobre 1931.

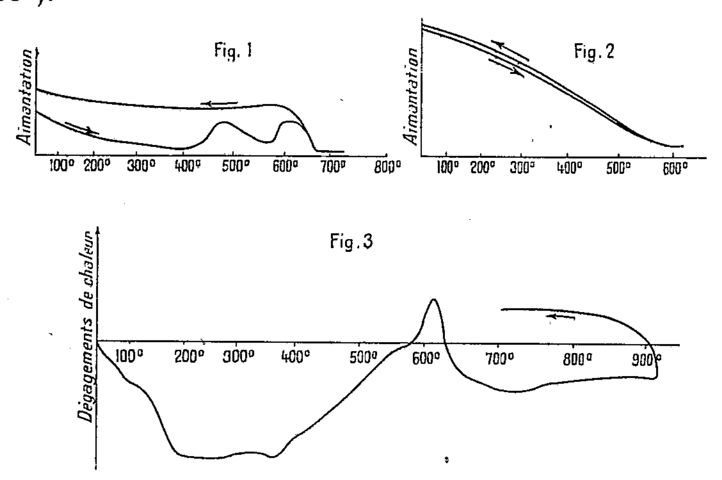
(2) H. Forestier, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 842.

(3) V. M. Goldschmidt, *Forschritte d. Mineralogie, Krist. u. Petr.*, 15, 1931, p. 73.

(4) H. Forestier, *Ann. de Chimie*, 10e série, 9, 1928, p. 316, et H. Forestier et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 777.

celle du sesquioxyde de fer stable, et le corps ne subit plus de transformation par la suite.

Des recuits de 2 heures, effectués sur le précipité, à différentes températures, nous ont montré, en effet, que l'on obtenait à partir de 400° un corps attirable à l'aimant — le corps n'est pas ferromagnétique au-dessous de cette température — ; lorsque la température dépasse 500° le coefficient d'aimantation commence à diminuer. Le corps obtenu par recuit entre 400° et 500° possède une courbe d'analyse thermomagnétique de forme particulière qui indique un point de Curie vers 580° (*fig.* 2) (à condition d'être effectuée assez rapidement pour éviter la transformation de ce corps entre 500° et 600°).



L'analyse thermique, effectuée au galvanomètre double Saladin-Le Chatelier, indique (*fig.* 3), après le départ d'eau adsorbée, une absorption de chaleur vers 360°, et un fort dégagement de chaleur vers 600°. La fin de l'absorption correspond au début de la formation du corps attirable à l'aimant, le début du dégagement au commencement de la transformation irréversible du produit avec perte du magnétisme.

L'apparition de Fe^2O^3 stable au-dessus de 630°, sur la courbe d'analyse thermomagnétique, montre que le ferrite de glucinium était dissocié en $Fe^2O^3 + GlO$. Or, la décomposition d'un tel corps n'a pu se faire qu'avec absorption de chaleur; il semble donc bien que le ferrite de glucinium — corps non ferromagnétique, formé à basse température — se décompose à 360°, en donnant un oxyde ferrique instable attirable à l'aimant, lequel se transforme vers 600° avec dégagement de chaleur, en oxyde ferrique stable

normal. Le produit de décomposition du ferrite de glucinium, se comporte donc de la même manière que les oxydes ferromagnétiques instables (oxydes de Malaguti et de van Bemmelen) étudiés par M. G. Chaudron et ses élèves (¹).

L'étude rœntgenographique (méthode Debye-Sherrer) du précipité de ferrite de glucinium, après recuit à diverses températures, nous a permis de constater tout d'abord que le diagramme donné par le précipité simplement desséché à 100° est différent de celui que donne un précipité de sesquioxyde de fer pur, préparé dans les mêmes conditions; par contre, il est analogue à celui que l'on obtient avec la lépidocrocite ($Fe^2O^3 . H^2O$ orthorhombique, groupe V_h^1); ceci montre que la combinaison du sesquioxyde de fer et de la glucine est déjà faite après dessiccation à 100°. Le ferrite semble donc présenter une structure du type lépidocrocite, et non, comme on aurait pu s'y attendre, la structure de l'aluminate de glucinium (²) (chrysoberyl, orthorhombique, groupe V_h^{16}) qui est aussi celle de la gœthite ($Fe^2O^3H^2O$) (³). Il est à noter que la lépidocrocite donne, par déshydratation, de l'oxyde ferrique attirable à l'aimant, qu'il est impossible d'obtenir à partir de gœthite pure. Ce résultat montre que le ferrite de glucinium appartient bien à un type de structure différent de ceux des autres ferrites, comme nous le supposions au début de cette Note. Le spectrogramme du précipité recuit à 480° (ayant l'intensité d'aimantation maxima) est assez flou par suite de la grande finesse des grains du produit étudié; les raies que nous avons pu repérer coïncident avec les raies intenses de l'oxyde de Malaguti (cubique type Diamant).

Après recuit à une température supérieure à 630°, ce produit, dont la courbe d'analyse thermomagnétique est alors semblable à celle du sesquioxyde de fer rhomboédrique, donne un diagramme superposable à celui de ce sesquioxyde stable, avec quelques faibles raies supplémentaires correspondant à la glucine (le spectrogramme de celle-ci est beaucoup moins intense, à durée de pose égale, que celui de Fe^2O^3 rhomboédrique).

Cette étude nous conduit à formuler la conclusion suivante : le mécanisme de formation du sesquioxyde de fer attirable à l'aimant, à partir du ferrite de glucinium, est le même que celui de l'oxyde de Malaguti formé

(¹) HUGGETT et G. CHAUDRON, *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 1619; G. CHAUDRON et A. GIRARD, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 97.

(²) W. L. BRAGG et G. B. BROWN, *Proc. Roy. Soc.*, *A*, **110**, 1926, p. 34.

(³) S. GOLDSZTAUB, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 533.

par déshydratation de certains hydrates de fer artificiels [1] et naturels [2]; l'atome de glucinium du ferrite jouant un rôle identique à celui de la molécule d'hydrogène dans l'hydrate $Fe^2O^3.H^2O$.

COLLOÏDES. — *Sur la contraction de volume produite par l'hydratation des protéines.* Note de MM. **Ch. Marie** et **N. Marinesco**, présentée par M. G. Urbain.

I. La dissolution d'une protéine ou d'un colloïde hydrophile dans l'eau s'accompagne presque toujours d'une assez forte contraction de volume. Katz [3] avait montré qu'il se produit simultanément un dégagement notable de chaleur et que le rapport entre la contraction de volume et le nombre de calories dégagées par gramme de substance dissoute est sensiblement le même pour des systèmes très variés mais dont l'agent de dispersion restait le même. Ainsi les globulines, l'hémoglobine, l'ovalbumine et l'amidon donnaient toujours un rapport, en centimètres cubes par petites calories, de l'ordre de 2.10^{-3} par gramme de corps sec en présence de l'eau pure. En fait, on peut montrer, par des mesures de polarisation diélectrique, que les micelles de ces colloïdes, chargées par électrisation de contact et par ionisation, condensent et compriment très fortement les molécules d'eau polarisées à l'état permanent [4] à tel point que la non-additivité de volumes peut être mise en évidence et déterminée par des mesures macroscopiques au dilatomètre ou au flacon à densité.

II. On sait que les propriétés physico-chimiques d'une protéine sont étroitement liées à la réaction du système ainsi qu'au point isoélectrique du corps dissous; cette liaison présente un gros intérêt théorique et pratique, ce qui nous a conduits à étudier la contraction produite par la gélatine isoélectrique de Merck en fonction du pH. Les mesures de contraction ont été faites soit par des lectures directes à l'aide d'un dilatomètre spécial [5],

---

(1) G. Chaudron et A. Girard, *loc. cit.*

(2) S. Goldsztaub, *loc. cit.*

(3) Katz, *Kolloidchem. Beihefte*, 9, 1918, p. 1.

(4) N. Marinesco, *Journ. Chim. phys.*, 2e série, 28, 1931. p. 52.

(5) Le dilatomètre employé sera décrit ultérieurement.

soit en déterminant le volume spécifique de 1^g de colloïde solide ou gonflé, par la méthode du flacon à densité. D'abord, en conservant un pH aussi constant que possible, nous avons varié la concentration en gélatine et laissé gonfler ou dissoudre 1^g de substance desséchée dans le vide à 25°, avec des volumes variables de solutions aqueuses acides ou basiques.

Dans ces conditions la contraction dv, rapportée au gramme de colloïde sec (de volume spécifique $0^{cm^3},724$), diminue rapidement quand la dilution augmente. Par exemple, dans une série de mesures à pH = 5,2, on obtient dv/gr = 29^{cm^3} en ajoutant 3^{cg} d'eau; ensuite pour une dilution plus grande, dv tend vers une limite inférieure correspondant à $0^g,35$ d'eau. Le solvant introduit en plus ne produit plus aucune contraction, comme si les micelles arrivaient à une sorte de saturation d'hydratation. Seules les premières traces d'eau introduites dans le système sont contraintes, attirées dans l'atmosphère micellaire et hydratent les particules. Le phénomène présente le même aspect pour deux autres pH : 3,8 et 4,8. Néanmoins le système isoélectrique (de pH = 4,8) donne une contraction limite plus faible que les systèmes acides ou alcalins. Cette particularité est davantage mise en évidence dans une série de mesures où la dilution reste constante (1^g gélatine + 1^{cm^3} d'eau), mais où le pH varie dans de larges limites. Comme l'indique le tableau suivant, la contraction provoquée par 1^g de colloïde sec est minima au point isoélectrique, croît très rapidement pour les pH acides, plus lentement pour des milieux alcalins, où l'on observe un palier autour de la neutralité, suivi d'une montée plus rapide.

pH.	dv en mill. cubes par gramme de gélatine.
3,5	30,2
3,9	23,0
4,8	11,0
5,2	20,5
6,1	23,5
7,0	24,0
7,6	24,0
8,5	29,1

Nous n'avons pas trouvé un second minimum (moins prononcé) autour du point 7,7, particularité signalée pour d'autres propriétés [opacité (1)].

(1) Hyglay et Mathews, *J. Am. Chem. Soc.*, 46, 1924, p. 854.

Toutefois, il est remarquable que la contraction du système se trouve être minima au point isoélectrique ($pH = 4,7$) du colloïde; ici l'avidité des micelles pour l'eau est moins importante qu'ailleurs. En effet, la charge granulaire croît en valeur absolue par rapport à ce point, étant positive du côté acide et négative du côté alcalin; par suite, la force de compression diélectrique ([1]), autrement dit, le facteur d'hydratation micellaire varie de la même manière. Ceci nous permet d'expliquer par exemple les variations du gonflement et de la viscosité d'une protéine en fonction de la réaction du milieu, qui présentent, comme on sait, des minima très marqués au point isoélectrique. Dans le cas présent, le gonflement de la gélatine doit être nécessairement minimum pour un $pH = 4,7$ et varier comme l'attraction du colloïde pour le milieu dispersant. Quant à la viscosité d'un système dispersé, bien qu'exagérée par la rigidité, elle n'est qu'une fonction linéaire du volume réel ou total occupé par le corps dissous (Einstein), volume qu varie de la même manière et pour les mêmes causes que le gonflement.

En résumé, l'étude de la contraction de volume produite par la solvatation de la gélatine montre que de fortes compressions existent entre le milieu dispersant et les particules du corps dissous. La variation de cette contraction avec le pH permet d'interpréter le gonflement et la viscosité du même colloïde par rapport à son point isoélectrique.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une Note de MM. Carrière et Janssens, relative au dosage du fluor.* Note de M. **P. Mougnaud**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons montré ([2]) que le dosage du fluor, par précipitation de fluorure de calcium en milieu ammoniacal, présentait des causes d'erreur par excès, ayant atteint dans nos premières expériences 4,46 pour 100. Ce fait est dû à la précipitation de carbonate de calcium dont une partie provient du carbonate d'ammonium contenu dans l'ammoniaque mise en jeu, une autre portion étant formée au cours de l'expérience par action du gaz carbonique de l'air sur l'alcali libre. MM. Carrière et Janssens ([3]), qui ont proposé une méthode de dosage du fluor en milieu ammoniacal, ont évalué

([1]) T. J. Webb, *J. Am. Chem. Soc.*, 48, 1926, p. 2589.
([2]) P. Mougnaud, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1733,
([3]) Carrière et Janssens, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 490.

expérimentalement la grandeur de ces erreurs qui, dans les conditions précises où ils se sont placés, correspondent à un excès de 2^{mg} pour la pesée correspondant à un dosage.

Il est évident que cette différence varie avec la teneur de l'ammoniaque en carbonate d'ammonium et avec la composition de l'atmosphère mise au contact des liquides pendant l'expérience. On peut utiliser de l'ammoniaque purifiée, et d'autre part éviter de chauffer avec un bec de gaz pour diminuer la contamination par le gaz carbonique de l'atmosphère. La cause d'erreur n'en subsisterait pas moins, et les dernières déterminations de MM. Carrière et Janssens ont bien confirmé notre précédente affirmation.

En répétant exactement l'expérience de ces auteurs, et en utilisant des échantillons d'ammoniaque provenant de différents laboratoires, nous avons obtenu des précipités qui, exprimés en chaux, correspondaient aux poids suivants $4^{mg},7$; $4^{mg},9$; $5^{mg},5$; $8^{mg},3$.

Si l'on considère que le dosage du fluor comporte une pesée de $0^{g},25$ de fluorure de calcium, l'erreur par excès peut donc atteindre, d'après ces expériences, et dans le cas le plus défavorable, 8/250, soit 3,2 pour 100. Cette différence est trop forte pour que la méthode soit acceptable.

D'autre part, suivant le mode opératoire des mêmes auteurs, les quantités d'eau mises en jeu sont relativement très élevées, et par suite interviennent des causes d'erreur par défaut qui peuvent être aussi importantes et compenser par le fait même les erreurs par excès signalées antérieurement.

Nous avons montré que le fluorure de calcium est soluble dans l'eau dans la proportion de $18^{mg},8$ par litre, et sa solubilité est plus élevée lorsqu'il est récemment précipité et non séché (22^{mg} par litre). MM. Carrière et Rouanet faisant intervenir en totalité 210^{cm^3} de liquide, le fluorure perdu par dissolution correspond à $4^{mg},6$ environ. On voit ainsi que cette valeur est du même ordre de grandeur que les erreurs par excès signalées plus haut, ce qui explique très suffisamment que ces auteurs aient pu obtenir dans leurs premières recherches des résultats très concordants.

Nos expériences n'ont d'ailleurs fait que confirmer et préciser les faits apportés par Henri Rose [1], et qui peuvent être résumés par la phrase suivante extraite de son Ouvrage :

« Pour de petites quantités de fluor, cette perte si forte (par solubilité) pourrait souvent sembler compensée par cette circonstance que l'on obtient du fluorure de

(1) H. Rose, *Traité de Chimie analytique*, Paris, 1862, p. 760.

calcium qui est mélangé de carbonate de chaux, ce qui vient de ce que l'on ne s'est pas préservé du contact de l'air avec assez de soin. »

La méthode de dosage du fluor par précipitation du fluorure de calcium en milieu ammoniacal est donc trop imprécise pour être admise.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Reconstitution de la technique picturale de Jean Van Eyck*. Note de M. **Jacques Maroger**, présentée par M. M. d'Ocagne.

Les procédés modernes de peinture utilisent l'huile de lin crue pour broyer et diluer les couleurs; la touche de pinceau est opaque, couvrante et glissante. Ces obstacles sont insurmontables pour la réalisation d'une technique picturale se rapprochant de celle des belles époques.

L'idéal, pour un peintre, est d'avoir un véhicule ne séchant pas trop vite, tout en permettant la superposition, la fixité et l'onctuosité.

Jean Van Eyck, mécontent de la technique à l'huile de lin crue, par sa siccativité trop lente (technique déjà connue au XIIe siècle), mécontent des techniques à la colle ou à l'œuf, à cause de leur siccativité trop rapide, eut sans doute l'idée de fondre ces deux principes en un seul, d'où la nouvelle peinture dite à l'huile qui dura environ quatre cents ans.

Le secret de cette composition, que nous croyons avoir retrouvé, repose sur l'emploi d'une émulsion. L'intérêt de l'émulsion est de donner au vernis une consistance, une onctuosité qui le rendent d'une utilisation plus pratique, en ajoutant à la touche une transparence que l'huile seule était incapable de lui donner.

Mais pour conférer à cette émulsion une certaine stabilité, il est important d'y adjoindre une colle (gomme arabique ou colle de peau). Cette colle fixe mieux la touche sur le support.

La formule qui, à la suite de nombreux essais, nous à fourni les meilleurs résultats est la suivante : huile de lin de pays de première extraction, siccativée de 3 à 6 pour 100 par de la céruse calcinée, de la litharge et de la terre d'ombre, en parties égales. Cuire à feu doux jusqu'au roussissement de l'écume.

Les sels de plomb et de menganèse doivent, par des phénomènes catalytiques, assurer la viscosité et la siccativité. La chauffe peut être limitée, et à température élevée, ou prolongée, mais à température plus basse.

Cette huile cuite s'additionne d'une résine (une à deux parties d'huile pour une de résine), on obtient alors le vernis.

Pour obtenir l'émulsion, il suffit de mélanger le vernis avec la gomme arabique dans un mortier (proportions variables suivant les besoins). Introduire l'eau goutte à goutte, en malaxant jusqu'à la consistance désirée.

A ses qualités de fixité cet onguent joint une transparence due à l'émulsion. De plus sa fixité permet des superpositions sans glissement, qu'aucun des procédés actuels ne peut réaliser.

Nous croyons pouvoir affirmer que cette formule se rapproche sensiblement de celle de Jean Van Eyck. Car si l'onguent permet la réalisation des techniques picturales dont nous avons apprécié la similitude au cours de nos travaux de restauration, il nous a été donné d'observer les particularités suivantes qui sont une confirmation de notre opinion. Selon que le fixateur est la gomme arabique ou la colle de peau, l'onguent obtenu nous permet des réalisations picturales homologues à l'école flamande ou à l'école italienne. Or, avant la découverte de Jean Van Eyck, les enluminures flamandes étaient peintes à la gomme arabique, les italiennes à la colle de peau.

En résumé, ce procédé peut être regardé comme une reconstitution de celui, autrefois courant, et qui aurait complètement disparu dès avant le début du XIXe siècle.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Recherches sur le champ électrique de l'air en Djesireh.* Note de M. **Jean Chevrier**, présentée par M. Maurain.

Ces mesures ont été effectuées les 21, 22, 25 juillet, 14, 15, 16, 17, 21 et 22 août, au voisinage du terme Sud de la nouvelle base géodésique — 12^{km} au nord d'Hassetché — région désertique sans relief sensible (altitude 200^{m} environ).

L'égaliseur à ionium, placé à 1^{m} au-dessus du sol, était relié à un électroscope universel de Wulf par un fil fin d'une dizaine de mètres de longueur. En principe à chaque heure, de 5^{h} à 17^{h} (T.U.), j'ai fait 10 lectures à 30 secondes d'intervalle chacune et adopté, par champ calme, leur moyenne comme valeur du potentiel à l'heure correspondante.

Le petit nombre des observations et surtout les énormes perturbations locales du champ ne permettent pas de donner l'allure de la variation diurne. Je remarquerai simplement que le champ est calme au début et à la fin de la journée, avec des valeurs un peu plus élevées le soir que le matin.

La moyenne de 43 séries de 10 observations par champ calme est faible : 40 volts environ.

Toute cause capable d'agiter la poussière, vent, passage de troupeaux et d'autos, etc., renverse le signe habituellement positif du champ et porte le potentiel à des valeurs négatives élevées. Les détails du phénomène, étudiés spécialement les 21 et 22 août, sont en accord étroit avec les observations de H. Pollet en Chine (*Comptes rendus*, 188, 1929, p. 406).

Le 16 août, alors que la visibilité qui d'ordinaire s'étend à une centaine de kilomètres était réduite à quelques centaines de mètres par un brouillard de sable, j'ai pu tirer de la borne de l'électromètre des étincelles de quelques millimètres de longueur, indice d'un champ très élevé et d'ailleurs négatif.

De six séries de dix observations comparatives faites les 21 et 22 août, il résulte que la valeur moyenne du gradient par champ calme, passe de 42 à 70 volts, quand on élève l'égaliseur radioactif de 1 à 2^m au-dessus du sol.

CRYPTOGAMIE. — *Les cristaux protéiques chez quelques espèces marines du genre* Cladophora. Note de M. **E. Chemin**, présentée par M. L. Mangin.

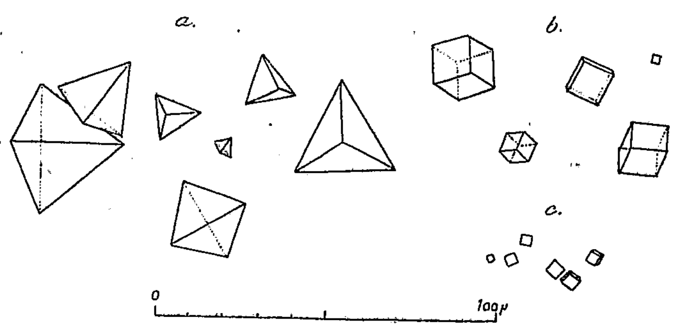
Des cristalloïdes ont été signalés et décrits par J. Klein [1] dans un certain nombre d'Algues marines, Floridées et Chlorophycées, parmi lesquelles une seule espèce de *Cladophora : Cl. prolifera*. Les recherches ont été faites le plus souvent, et en particulier pour cette dernière espèce, sur du matériel d'herbier. La dessiccation, obtenue par la pression, peut entraîner des déformations et des changements de coloration comme le reconnaît l'auteur lui-même qui regrette de n'avoir pu se procurer des spécimens frais.

J'ai observé des cristaux, non seulement dans *Cladophora prolifera* (Roth) Kütz, mais encore dans *Clodophora pellucida* (Huds) Kütz et *Cladophora rupestris* (L.) Kütz. Mes recherches ont été faites sur de nombreux individus vivants récoltés à Saint-Servan en septembre. J'ai examiné en outre quelques spécimens séchés, de provenance diverse, uniquement pour m'assurer que l'existence de ces cristaux n'était pas particulière à une station déterminée. Je vais les décrire, en indiquer la nature et le rôle probable.

---

[1] J. Klein, *Die Kristalloïde der Meeresalgen* (*Pringsheim's Jahrbücher Botanik*, 13, 1882, p. 23-24).

Description. — Un rameau de *Cl. pellucida*, sectionné dans l'eau de mer, laisse échapper, par la surface de section, un suc cellulaire visqueux qui entraîne avec lui un grand nombre de cristaux. Le même fait s'observe chez *Cl. prolifera* et *Cl. rupestris*, mais, surtout pour cette dernière espèce, dont les rameaux sont plus fins, il faut exercer une légère pression, et, avec le suc cellulaire, il y a sortie d'une partie du protoplasme et des chromotophores.



Cristaux protéiques chez : *a, Cladophora pellucida; b, Cladophora prolifera; e, Cladophora rupestris.*

Les cristaux sont régulièrement tétraédriques chez *Cl. pellucida* (*fig. a*); leur taille est variable : la longueur de l'arête va de 5μ jusqu'à 35 et exceptionnellement 40μ. Dans les deux autres espèces ils sont cubiques; les arêtes sont vives chez les plus petits et souvent légérement arrondies, comme dans les dés à jouer, chez les plus gros. Leur taille diffère suivant l'espèce : dans *Cl. prolifera* (*fig. b*) la longueur de l'arête peut atteindre 15μ et parfois 20μ, alors que dans *Cl. rupestris* (*fig. c*) elle ne dépasse 6μ, les plus petits étant à peine mesurables. Tous ces cristaux sont généralement isolés; ils sont parfois groupés par 2 ou 3 s'accolant par une de leurs faces sans fusionner.

Ils se rencontrent dans tous les articles, depuis la base jusqu'au sommet, et à peu près en même abondance. On peut les observer dans les articles non sectionnés, sur une vue de face, lorsque les chromatophores ne sont pas trop serrés; ils sont situés dans le suc cellulaire au voisinage de la couche protoplasmique pariétale sans relation directe avec les chromatophores.

Ils ont été vus sur tous les spécimens vivants qui ont été examinés. Je les ai observés également sur des échantillons d'herbier rapportés de stations diverses et récoltés à divers moments de l'année : *Cl. pellucida* de Luc-sur-Mer en mars, des îles Chausey en avril, de Saint-Jean-de-Luz en septembre; *Cl. prolifera* de Saint-Suliac en avril, de Guéthary en septembre. de Tunisie

en janvier; *Cl. rupestris* de Luc-sur-Mer en avril, des îles Glénans en septembre.

Leur existence ne dépend donc ni de la période de végétation, ni de la station; par leur forme comme par leur taille ils doivent être considérés comme une des caractéristiques de chaque espèce. C'est en essayant de déterminer de jeunes pousses de *Cl. pellucida* non encore ramifiées, que mon attention a été attirée sur eux. Ils ne se trouvent pas d'ailleurs chez tous les *Cladophora*: je ne les ai vus ni chez *Cl. utriculosa* Kütz, ni chez *Cl. repens* (J. Ag.) Harv.

Nature. — Tous ces cristaux sont transparents et incolores; la couleur brunâtre des gros cristaux de *Cl. prolifera*, signalée par J. Klein, doit être une conséquence de la dessiccation. En lumière ordinaire, les faces fortement inclinées, dans les tétraèdres comme sur les cubes, présentant des stries horizontales.

Ils ne sont pas altérés par les acides (HCl, SO^4H^2, NO^3H).

Dans une solution alcaline ils gonflent, se déforment et disparaissent.

Une solution iodo-iodurée leur donne une teinte jaune.

Avec l'éosine ils prennent une couleur rouge.

Ils prennent une coloration jaune avec l'acide nitrique, coloration accentuée par l'addition d'ammoniaque (réaction xantho-protéique).

Ils prennent la teinte violette, caractéristique du biuret, après imprégnation du sulfate de cuivre à 2 pour 100 et action d'une solution de potasse à 10 pour 100.

Après l'action du tanniu à 1 pour 100 dans de l'acide acétique à 30 pour 100 pendant vingt minutes, l'addition de perchlorure de fer leur communique une teinte bleue noirâtre (réaction Turchéni-Derrien).

Ces réactions ont été faites sur lame et observées au microscope. La coloration avec le réactif de Millon n'a pu être obtenue à cause du précipité que donne ce réactif avec l'eau de mer. Si toutes ces réactions sont de valeur inégale, il en est, comme la réaction du biuret, qui sont suffisamment caractéristiques; en outre leur concordance, dans l'ensemble, permet d'affirmer que les cristaux sont de nature protéique. Ils ne sont vraisemblablement pas tous constitués d'une même substance puisque la forme cristalline varie.

Rôle. — Ces cristaux proviennent manifestement de l'activité cellulaire. Comme ils ne sont pas en rapport direct avec les chromatophores, il est difficile d'admettre qu'ils sont de même origine que les pyrénoïdes; ceux-ci d'ailleurs se rencontrent indifféremment dans les *Cladophora* pourvus de

cristaux et dans ceux qui en sont dépourvus. On peut les considérer comme le résultat d'une sorte de sursaturation du suc cellulaire en substances protéiques.

Sont-ils susceptibles d'être utilisés ultérieurement par la plante? J. Klein signale que, chez *Acetabularia*, les cristalloïdes n'existent que dans les exemplaires qui n'ont formé aucune spore, et qu'ils manquent dans les exemplaires en voie de sporulation. J'ai cherché vainement, en septembre, des individus en état de reproduction. Il est probable que les cristaux disparaissent dans les articles où se forment les spores et sont utilisés dans la formation de celles-ci; mais, il est douteux que tous les cristaux de la plante y participent; dans la majeure partie de l'Algue, ils doivent rester inutilisés. Ils représentent une matière de réserve occasionnelle.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de la température sur le noyau et la karyokinèse chez* Vicia Faba. Note de M. **A. Famin**, présentée par M. M. Molliard.

De nombreux auteurs ont étudié cette question. Prillieux (¹), dans des conditions mal définies et à des températures qu'il ne mesure pas, constate une hypertrophie ainsi qu'une pluralité, par cellule, des noyaux. Sabline (²) reprend la question, mais à des températures trop distantes les une des autres (7°, 10°, 30°, 40°) : il constate que le nucléole se fragmente, qu'il y a quelques modifications, obscurément expliquées, dans la mitose. Lundegardh (³), et à sa suite, Sakamura (⁴), toujours dans des conditions trop différentes les unes des autres, observent essentiellement un raccourcissement et un épaississement des chromosomes. Yamaha (⁵) étudie à la

(¹) Prillieux, *Altération produite dans les plantes par la culture dans un sol surchauffé* (*Ann. Sc. nat. Bot.*, 10, 1879, p. 347-349).

(²) Sabline, *L'influence des agents externes sur la division des noyaux dans la racine de* Vicia Faba (*Rev. gén. Bot.*, 15, 1903, p. 481-487).

(³) Lundegardh, *Zur Mechanik der Kernteilung* (*Svensk. Bot. Tidskr.*, 8, 1914, p. 167 et suiv.).

(⁴) Sakamura, *Experimentelle Studie über die Zell und Kernteilung, mit besonderer Rücksicht auf Form, Grösse und der Zahl der Chromosomen* (*Journ. Coll. Sc. Imp. Univ. Tokyo*, 39, 1920, p. 1-219).

(⁵) Yamaha, *Ueber die Wirkung des distillierten Wasser auf die Wurzelspitze von* Vicia Faba *bei verschiedenen Temperaturen* (*Journ. Coll. Sc. Imp. Univ. Tokyo, Bot.*, Section III, 2, 1927, p. 215-296).

fois l'action de l'eau distillée et de la température sur les pointes de racines de *Vicia Faba*, mais on ne peut séparer ce qui appartient à chacun de ces deux facteurs.

Je me suis proposé de préciser, en les complétant, les travaux de ces auteurs. Le matériel d'étude a été le même : *Vicia Faba*.

Les graines, préalablement stérilisées, et ensemencées suivant la méthode préconisée par Molliard [1] et Combes [2], ont été cultivées sur du liquide de Knop dilué au 1/20 par de l'eau distillée. Les conditions extérieures (lumière surtout) ont été les mêmes, ainsi que les précautions d'asepsie; seule, la température a varié.

Dans une première série d'expériences, les graines ont effectué leur développement entier dans une étuve vitrée, à température constante, soit 32°, 34°, 36° et 38° C.

Dans une seconde série, des plantules vigoureuses, âgées d'une dizaine de jours et ayant vécu à 20-22°, étaient soumises à des températures définies pendant 36 heures : 30°, 32°, 34°, 36°, 38°, 40°, 50° et 60°.

L'extrémité de la racine et le bourgeon terminal de chaque embryon ou plantule étaient fixées au mélange de Helly ou à celui de Meves, et les coupes colorées à l'hématoxyline de Heidenhain.

Les résultats observés ont été les suivants :

Germinations. — Au-dessus de 38°, il n'y a pas eu de germination au sens ordinaire de ce mot.

A 20-22°, le noyau au repos présente un réseau très fin et un ou deux nucléoles qu'aucune auréole périnucléolaire ne sépare de ce noyau.

Les mitoses sont nombreuses et offrent les figures décrites soigneusement par Sharp [3]; racine et tige ne montrent aucune différence.

Jusqu'à 32°, aucune modification ne survient, soit dans le noyau quiescent, soit dans les phases de la division cellulaire.

A 32°, le nombre relatif des karyokinèses diminue nettement.

Le réseau du noyau au repos apparaît plus clairement.

Quelques plaques équatoriales seulement sont anormales : les chromosomes en sont déformés, se séparent mal et sont plus épais qu'à la tempéra-

---

(1) MOLLIARD, *Action morphogénique de quelques substances organiques sur les végétaux supérieurs* (*Rev. gén. Bot.*, 19, 1907, p. 243).

(2) COMBES, *Recherches biochimiques expérimentales sur le rôle physiologique des glucosides des végétaux* (*Rev. gén. Bot.*, 30, 1918, p. 236-237).

(3) SHARP, *Somatic chromosoms in* Vicia (*La Cellule*, 29, 1913, p. 295-330).

ture ordinaire. L'eur clivage est souvent observable, mais, fréquemment les éléments-fils ont l'aspect de cordes à nœuds.

A 34°, ces modifications s'accentuent. Une auréole périnucléolaire apparaît; le nombre des karyokinèses diminue encore et un grand nombre d'entre elles ne sont pas normales. La prophase se reconnaît, mais le filament chromatique se fragmente prématurément et irrégulièrement. Quelquefois, la membrane nucléaire persiste et la chromatine prend l'aspect de masses rubanées, de tailles variables, disposées à la surface du noyau. Quelques métaphases se reconnaissent également, ainsi que des débuts de clivage : la séparation est généralement incomplète et les chromosomes plus ou moins mamelonnés. Parfois, le nucléole se mamelonne lui aussi et prend une apparence mûriforme.

A partir de 36°, aucune mitose n'a pu être observée, malgré des essais répétés, et contrairement à ce qu'affirme Lundegardh, qui opéra, il est vrai, dans des conditions non aseptiques. L'auréole périnucléolaire s'accroît, le noyau contient de nombreux granules chromatiques sur un substratum granuleux. La division nucléaire est donc arrêtée dès son tout premier stade. Le nucléole se fragmente en globules sphériques de tailles variées. Quelquefois, le noyau dégénère en une masse irrégulière, recouverte d'une croûte discontinue de chromatine.

A proprement parler, il n'y a donc pas de germination au delà de 36°, mais seulement, sans doute, une imbibition des tissus embryonnaires secs.

Jeunes plantules. — Les effets de la température sur le noyau ne sont visibles qu'à partir de 34°.

Les noyaux au repos, mesurés dans des régions comparables (parenchyme cortical de la racine et parenchyme foliaire), présentent une augmentation de taille, puis une diminution, avec un maximum à 36°.

Le nucléole se mamelonne à 38°, se fragmente à 40°; il se vacuolise à 50° et 60°.

Les chromosomes, normaux jusqu'à 34°, deviennent ensuite très irréguliers, plus longs ou plus courts jusqu'à 20°, et toujours beaucoup plus épais. Ils sont souvent, à partir de 38°, réunis par groupes difformes, et non individualisés. Les déformations s'accentuent quand la température s'élève, et à 60°, ils se vacuolisent extrêmement et sont difficiles à reconnaître.

Les phases de la mitose sont inégalement atteintes. Ce sont les télophases qui le sont d'abord : à 36°, on trouve des noyaux-frères réunis par un filament chromatique ou par une ligne discontinue de grains de chromatine. Il en est de même à 38°, et il n'est pas rare de trouver de jeunes cellules

séparées par des cloisons incomplètes. A cette dernière température, peu de chromosomes se clivent; généralement, ils s'étalent dans le protoplasme plus fluide, et peuvent occuper tout l'espace cellulaire : l'anaphase et la métaphase sont touchées à leur tour.

A 60°, seules quelques prophases sont respectées.

Donc la température agit sur le noyau au repos en accentuant son aspect réticulé, puis en le rendant granuleux. Sa taille maxima est atteinte à 36°.

Il n'y a pas de division cellulaire au delà de cette même température, qui est une température critique pour la plante, celle où elle cesse de germer, et où nucléole et chromosomes présentent des déformations considérables.

L'action de la chaleur sur le noyau est, en définitive, la même, bien que les échantillons étudiés aient été d'âges différents. Que la plante soit au début de sa vie ou bien développée, les troubles observés affectent sensiblement la même allure, et les effets sont identiques quand les températures sont égales, au moins jusqu'à 38°.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la constitution de l'asébotoside (asébotine). Son identité avec le phlorizoside (phlorizine).* Note de M. **Marc Bridel** et Mlle **A. Kramer**, présentée par M. L. Mangin.

L'asébotoside (asébotine) est un glucoside qui a été extrait, en 1883, par Eykmann des feuilles d'*Andromeda japonica* Thunb et retrouvé, en 1912, par Em. Bourquelot et Mlle A. Fichtenholz dans les feuilles de *Kalmia latifolia* L. En 1930 M. Bridel a montré que ce glucoside était hydrolysable par l'émulsine des amandes et devait être rangé dans la classe des glucosides β, hydrolysables par la glucosidase β. L'étude de la constitution de l'asébotoside n'étant qu'ébauchée, nous l'avons reprise et nous avons obtenu les résultats suivants :

L'asébotoside cristallise en prismes allongés, transparents, contenant 7,1 pour 100 d'eau de cristallisation. Son pouvoir rotatoire, en solution dans l'alcool à 50°, est $\alpha_D = 54°,09$.

Il fond nettement au bloc Maquenne à + 137°,5.

Il est hydrolysé par l'acide sulfurique à 5 pour 100 en donnant 42,46 pour 100 de glucose et 62,90 pour 100 de produit non glucidique, cristallisé, l'asébogénol (asébogénine d'Eykmann).

Par hydrolyse au moyen de l'émulsine, on obtient 39,54 pour 100 de

glucose. Le produit non glucidique qui se forme en même temps est identique à l'asébogénol obtenu par hydrolyse acide.

L'asébotoside répond à la formule $C^{21}H^{24}O^{10}$, identique à celle du phlorizoside et différente de la formule proposée por Eykmann.

L'asébogénol, préparé par hydrolyse sulfurique, cristallise en aiguilles brillantes, à saveur un peu sucrée. Il fond à + 274°. Son poids moléculaire a été trouvé de 272,5 et il répond à la formule $C^{15}H^{14}O^{5}$ qui est celle du phlorétol (phlorétine), produit d'hydrolyse du phlorizoside.

Par hydrolyse barytique, à + 115°-120°, l'asébogénol fournit un polyphénol, le phloroglucinol et un acide-phénol, l'acide *p*-hydrocoumarique, composés que donne également le phlorétol dans les mêmes conditions.

Ainsi les formules de l'asébotoside et de phlorizoside d'une part, celles de l'asébogénol et du phlorétol d'autre part, sont identiques; le phlorétol et l'asébogénol donnent les mêmes produits d'hydrolyse barytique.

Quelques propriétés physiques et chimiques du phlorizoside, que l'on trouve dans la littérature, ne concordent pas avec les propriétés de l'asébotoside qui viennent d'être établies. On pourrait penser, en conséquence, non pas à une identité entre le phlorizoside et l'asébotoside, mais à une simple isomérie due, par exemple, à ce que l'oxhydryle du phlorétol lié au glucose ne serait pas le même dans le phlorizoside que dans l'asébotoside.

Eykmann avait d'ailleurs conclu à la non-identité de ces deux principes immédiats.

Mais, pour affirmer que l'on avait bien affaire à deux isomères et non pas à un seul et même principe immédiat, il nous a paru nécessaire de faire une étude comparative complète du phlorizoside et de l'asébotoside.

Cette étude comparative a été effectuée sur deux produits purs, préparés par nous-mêmes et cristallisés dans les mêmes conditions. Elle prouve d'une façon indiscutable qu'il y a identité complète entre le glucoside extrait des feuilles de *Kalmia latifolia* L. (asébotoside) et le glucoside extrait des écorces de pommier et de poirier (phlorizoside).

La constitution de ce glucoside ayant été déterminée sur le phlorizoside et sur son produit d'hydrolyse, le phlorétol, on doit conserver ces noms au glucoside et au produit non glucidique qui en dérive.

Il s'ensuit que le nom d'asébotoside (asébotine d'Eykmann) et celui d'asébogénol (asébogénine d'Eykmann) qui désignent les principes connus sous les noms de phlorizoside (phlorézine) et de phlorétol (phlorétine) doivent disparaître de la nomenclature chimique.

On doit dire maintenant que le phlorizoside existe non seulement dans

les écorces d'un certain nombre d'arbres de la famille des Rosacées (pommier, poirier, etc.), mais encore dans les feuilles et les fleurs de deux plantes de la famille des Éricacées, *Andromeda japonica* Thunb et *Kalmia latifolia* L.

Il est intéressant de faire ressortir que le phlorizoside qui, jusqu'ici, était regardé comme un principe spécifique de l'écorce de quelques Rosacées se rencontre également dans les feuilles et les fleurs de denx Éricacées, famille très éloignée des Rosacées au point de vue botanique.

Cela prouve qu'il n'existe guère de rapports entre les caractères botaniques et la composition chimique des plantes. D'autres exemples récents, notamment ceux que l'on tire de la répartition dans le règne végétal du monotropitoside, de l'aucuboside, de l'arbutoside et du picéoside, viennent renforcer cette opinion.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Analogies entre le développement de la plantule et la poussée annuelle des feuilles, chez les Liliiflores.* Note de M. **Pierre Chouard**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Au cours de l'année 1931, j'ai pu étendre l'étude comparée des plantules et des bourgeons à environ 120 espèces de Liliacées, Colchicacées, Amaryllidées et Iridées, suivies sur le vivant grâce aux ressources du Service de Culture au Muséum et de la Villa Thuret à Antibes. Toutes mes observations ont confirmé celles de l'année précédente qui n'avaient porté que sur une trentaine d'espèces (1).

J'avais montré en effet, sur des exemples pris chez les Scilles et chez les Jacinthes, que les premières feuilles constituant la plantule offrent une analogie frappante, dans leur forme, leurs dimensions relatives et leur succession, avec les pièces foliaires qui apparaissent chez l'adulte au cours de chaque période végétative.

Un exemple démonstratif est donné par la Jacinthe des Bois (*Endymion nutans* Dum.) et par *Scilla bifolia* L. La plantule d'*Endymion* est formée d'un cotylédon hypogé, blanc, mince, longuement engainant, d'où s'échappe une première feuille à limbe vert et à base tubérisée. Parallèlement, chez la plante adulte, le bulbe produit, au printemps, d'abord une à trois gaines blanches, minces, longuement engainantes, puis des feuilles à limbe vert et à base tubérisée. Au contraire, chez *Scilla bifolia*, la plantule

(1) Cf. P. Chouard, *Thèse*, *Paris*, 5 novembre 1930, et *Ann. Sc. nat. Bot.*, 10e série, 13, 1930, p. 131-323.

est formée d'un cotylédon épigé, foliacé, vert, cylindrique, formant gaine très courte, et tubérisé à la base. Parallèlement, le bulbe adulte produit chaque année des feuilles à limbe vert et à base tubérisée, apparaissant d'emblée. Chez les bulbes encore jeunes, ces feuilles sont même cylindriques et leur aspect est presque identique à celui du cotylédon foliacé.

Voici un choix de quelques exemples nouveaux :

Le cycle foliaire de *Brimeura* (= *Hyacinthus*) *fastigiata* (Bert.) Nob. de Corse, débute par une gaine très mince et très fugace qui avait échappé aux botanistes descripteurs. Par analogie avec *B. amethystina* (L.) Salisb. des Pyrénées, j'en avais conclu [1] que la plantule devait être à cotylédon hypogé, mince et longuement engainant, ce que l'expérience a ensuite entièrement vérifié. Il en est de même chez les *Narcissus*, *Leucoium*, *Galanthus*.

Les *Eremurus* et *Asphodelus* adultes offrent, à l'origine du cycle foliaire, des gaines minces, blanches ou roussâtres. Les plantules offrent de même un organe mince et engainant, formé ici par une sorte de ligule qui surmonte le cotylédon proprement dit. Le même dispositif et la même analogie se retrouvent chez *Colchicum* et *Merendera*.

Chez les *Bellevalia*, où il n'y a jamais de gaine, la première feuille est la plus grande, les suivantes allant en décroissant. De même les plantules offrent deux pièces foliacées dont la première, le cotylédon épigé, est beaucoup plus développée que la feuille qui suit.

Au contraire, chez *Hemerocallis*, les pièces du cycle foliaire sont de plus en plus longues, les premières n'étant même que de courtes gaines foliacées. Les plantules se composent de 3 ou 4 pièces de plus en plus grandes : un cotylédon en forme de très courte gaine hypogée, une première feuille en forme de gaine virescente, enfin des feuilles normales.

L'allure de la taille dans le cycle foliaire est encore marquée de même dès la plantule chez *Scilla peruviana* L. Dans cette espèce, dépourvue de gaine, la plus grande feuille, et la plus grande écaille correspondante, est la deuxième ou troisième du cycle. La plantule se compose d'un cotylédon courtement engainant formant une première écaille tubérisée, puis d'une feuille verte à base tubérisée plus grande, enfin d'une dernière feuille beaucoup plus réduite.

Dans d'autres cas, comme chez *Hæmanthus Catharinæ* Hort. Thur., ce sont jusqu'aux détails de l'appareil foliaire adulte qui apparaissent en miniature dans le cotylédon et les premières feuilles de la plantule : gaine colorée représentée par le cotylédon hypogé, engainant, à bout vert, et par la pre-

[1] *Loc. cit.*, p. 294, et *Bull. du Muséum*, 2e série, 3, 1931, p. 177.

mière feuille en forme de gaine foliacée, feuilles adultes reproduites exactement dans leur limbe et leur base engainante par la deuxième feuille de la plantule.

En résumé, chez les Liliiflores, le développement de la plantule offre des analogies étroites avec le développement des pièces foliaires adultes. Dans la plantule, le cotylédon et les feuilles suivantes présentent, par des dispositifs variés, un tableau raccourci du cycle annuel des feuilles de l'adulte qui y sont esquissées dans leur forme et leurs dimensions relatives. Pour chaque tribu, on peut prévoir la forme de la plantule d'après la composition du cycle foliaire adulte, et réciproquement. D'autre part des recherches comme celles de M. Augem sur les *Iris* (1), et les études que je poursuis sur les Liliacées, permettent de s'assurer que les matériaux de réserve utilisés, soit par les gemmules, soit par les bourgeons, sont de nature chimique différente. Cette considération rend encore plus remarquable l'existence des parallélismes de croissance que j'ai observés.

ZOOLOGIE. — *Sur l'existence de deux espèces de* Trichoniscus *du sous-genre* Spiloniscus (*Crustacés; Isopodes*) *jusqu'ici confondues et sur leurs rapports réciproques*. Note de M. **A. Vandel**, présentée par M. M. Caullery.

J'ai montré antérieurement qu'il existe deux races de *Trichoniscus* (*Spiloniscus*) *provisorius*, l'une sexuée, l'autre parthénogénétique. Les recherches que je poursuis sur l'origine de la forme parthénogénétique m'ont conduit à reconnaître que j'avais confondu sous le nom de *Trichoniscus* (*Spiloniscus*) *provisorius*, deux espèces bien distinctes.

Caractères morphologiques. — Le caractère qui permet de distinguer ces deux espèces réside dans la forme de l'exopodite du premier pléopode du mâle. Dans l'une des espèces, le bord externe de l'exopodite est nettement concave, et se renfle, à sa base, en une bosse caractéristique (*fig.* A). Dans l'autre espèce, le bord externe de l'exopodite est droit, et s'infléchit, à sa base, en un angle à peine saillant (*ffi.* B). Il n'existe pas — comme il est de règle chez les *Trichoniscus* — de différences appréciables entre les femelles de ces deux espèces, et il est impossible de les distinguer morphologiquement.

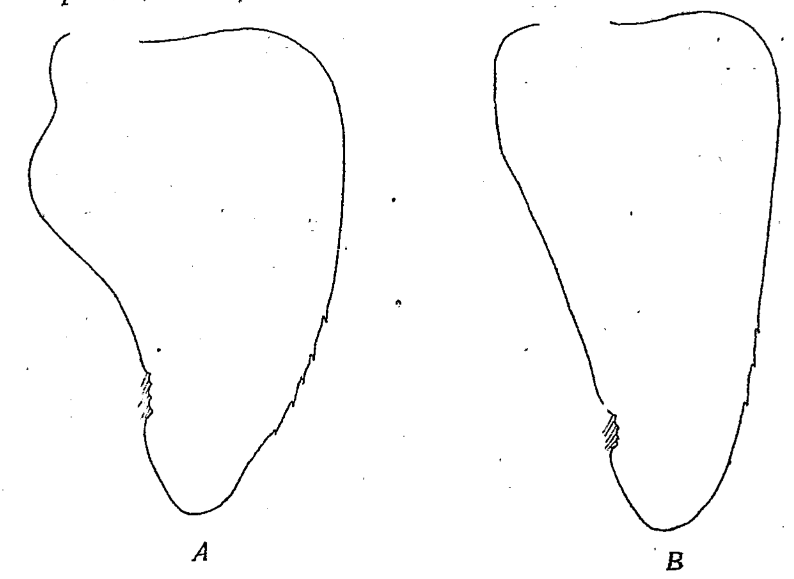
Nomenclature. — La première espèce (*fig.* A) correspond au *Tr. Spiloniscus*) *provisorius* Racovitza 1908, et c'est à cette espèce ainsi caractérisée

(1) A. Augem, *Les glucides des Iris* (*Nature, genèse, transformation*) (*Rev. gén. de Bot.*, 40, 1928, p. 456 et suiv.).

qu'il convient de restreindre cette appellation. Par la forme de l'exopodite du premier pléopode mâle, elle se rattache à *biformatus* Racovitza et à *noricus* Verhœff (= ? *verhœffi* Dahl).

La seconde espèce (*fig.* B) correspond à *Tr. elisabethæ* Herold 1923. *Tr. rhenanus* Graeve est une espèce très voisine, sinon identique.

Caractères cytologiques. — Le nombre de chromosomes est le même dans les deux espèces : $n = 8$; $2n = 16$.



Essais de croisements entre les deux espèces. — Le croisement de ces deux espèces est impossible. J'ai tenté 106 essais de croisement; ils ont tous donné des résultats négatifs. Les individus d'espèce différente n'exécutent aucune tentative d'accouplement, car, à la dissection, les spermathèques des femelles se montrent toujours vides. Le critère du croisement confirme et renforce les données morphologiques : *provisorius* et *elisabethae* constituent deux espèces distinctes.

Distribution géographique. — *Tr. provisorius* est une espèce largement répandue dans le midi et l'ouest de la France : Pyrénées, bassin de l'Aquitaine, Normandie. Elle existe aussi en certains points de l'est de la France : Nancy, Varces (Isère), La Grave (Hautes-Alpes). Enfin cette espèce m'a été envoyée d'Angleterre (Lancashire) et des environs de Gênes (Grotte de la Suja ; *provisorius* var. *sujensis* Brian 1926).

Tr. elisabethae n'avait été recueilli jusqu'ici que dans le nord de l'Allemagne, dans les pays baltes et en Suède. En France, cette espèce est sur-

tout répandue dans l'Est et dans les montagnes : Haute-Saône, Jura, Cévennes (Millau, Montpellier), Montagne Noire, Pyrénées centrales.

Les deux espèces peuvent, d'ailleurs, coexister dans la même région. C'est le cas dans les Pyrénées et sur le bord occidental de la Montagne Noire.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Action de l'eau de mer où a séjourné du carotène sur le développement expérimental de l'œuf d'Oursin* Paracentrotus lividus *LK.* Note de M. **J. André Thomas**, présentée par M. Roux.

Le carotène, dont on connaît les rapports avec la vitamine A ou la provitamine A, n'est-il pas susceptible, quoique liposoluble de conférer à l'eau de mer certaines propriétés pouvant influencer le développement de l'œuf d'Oursin dont on sait la sensibilité à certains facteurs spéciaux (actions oligodynamiques, mitogénétiques, etc.).

Le carotène employé que je dois à M. Javillier, et contrôlé au point de vue de son activité comme facteur A (point de fusion : 175° au bloc Maquenne, dose active $\frac{1}{300}$ de milligramme). Il fut conservé dans une atmosphère d'azote, dans de petites ampoules scellées jusqu'au moment de expériences. Il fut simplement utilisé de la façon suivante : 1^{mg} de carotène était mis dans 20$^{cm^3}$ d'eau de mer fraîche, dans un tube à essais, pendant un minimum de 24 heures, à la lumière et à la température du laboratoire; l'eau était alors passée sur un filtre en papier qui retenait les cristaux de carotène, restés rouges et apparemment semblables à eux-mêmes. De l'eau de mer conservée et filtrée dans les mêmes conditions, servait aux expériences de contrôle. Toutes les expériences furent faites dans de petites boîtes de Pétri couvertes où l'on mettait successivement et exactement 6$^{cm^3}$ de la solution à étudier et XII gouttes d'une suspension homogène d'œufs dans de l'eau de mer fraîche. La fécondation était opérée ensuite avec une trace de sperme. J'ai fait 10 séries d'expériences comprenant chacune en moyenne, 5 expériences particulières variées, toujours en présence de témoins.

1° *Action sur le développement expérimental.* — Les stades du développement de l'œuf paraissent dans l'ensemble, relativement peu modifiés, comme si les gamètes qui viennent d'être plongés dans les solutions n'avaient pas encore eu le temps d'en ressentir les effets. Cependant quand les solutions sont suffisamment actives, la membrane de fécondation peut ne pas apparaître. Mais, souvent dès le stade IV, la symétrie et le rythme des divisions sont profondément bouleversés et aboutissent à la formation de blastomères inégaux quelquefois en nombre impair avec formation fréquente de véritables micromères. Lors de la division cellulaire les sillons

restent longtemps à l'état d'ébauches superficielles, ne creusant pas le cytoplasme ; de ce fait les nouvelles cellules s'isolent mal ou poussent d'une façon désordonnée, ce qui donne des morula monstrueuses. De plus, un curieux phénomène d'agglutination progressive des larves peut se manifester parfois dès le stade II et durer jusqu'à la gastrulation. D'une façon générale, les larves traitées ont, surtout dans les premiers stades, un certain retard sur les témoins. La gastrulation se produit néanmoins, mais dès son apparition le mésenchyme est électivement excité dans sa croissance. Il envahit bientôt toute la larve qui est opaque, a un aspect massif, nage faiblement ou reste immobile. Finalement, alors que les témoins (*fig.* 2) sont des Plutei normaux ou subnormaux (il y a toujours un certain pourcentage de larves aberrantes, l'eau ayant été conservée 24 heures ou plus), les lots traités (*fig.* 1) ne renferment que des larves arrondies dont



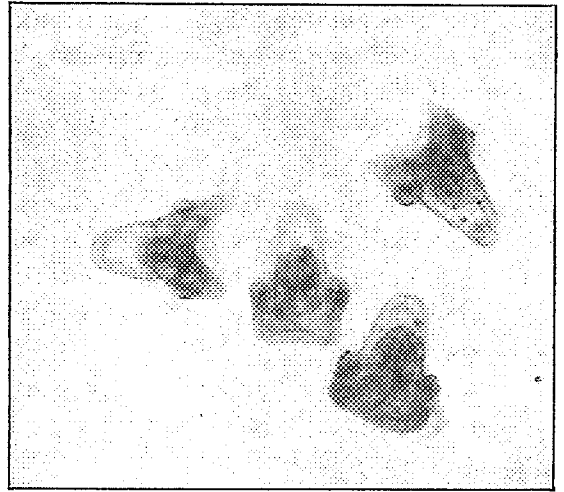


Fig. 1. Fig. 2.
Larves après 40 heures environ de développement, fixées dans le formol à 10 °/₀ dans l'eau de mer.
Fig. 1. — Larves traitées. Fig. 2. — Témoins normaux ou subnormaux.

quelques-unes seulement ont une vague indication de la forme tétraédrique. Elles sont en général dépourvues de squelette et sont complètement remplies d'un mésenchyme extrêmement abondant. Elles sont du reste lysées rapidement. L'étude histologique du mésenchyme de ces équivalents de Plutei montre de grosses cellules, souvent géantes, avec un gros noyau arrondi, à caryosomes très chromophiles.

2° *Action sur les gamètes.* — Les œufs d'Oursin, plongés au moins une

demi-heure dans de l'eau de mer où a séjourné du carotène, comme il a été dit, puis remis dans de l'eau de mer normale et fécondés, présentent des altérations voisines de celles qui viennent d'être décrites. De même le traitement préalable du sperme peut altérer le développement dans une certaine mesure, ou le fait de traiter les larves seulement une demi-heure après la fécondation dans de l'eau normale.

D'autre part, un traitement de plus de 20 heures des œufs vierges ne détermine aucune activation parthénogénétique, la fécondation pouvant encore s'effectuer. Par contre, un traitement de 45 minutes environ tue le sperme concentré. On tue de même les spermatozoïdes en 15 minutes environ, si l'on plonge un cristal de carotène dans I goutte de sperme concentré.

J'ajouterai que ces solutions présentent encore une certaine activité, si on les dilue de moitié et même quelquefois au tiers avec de l'eau de mer normale, et que les mêmes cristaux de carotène peuvent servir à quelques expériences consécutives, l'action s'atténuant légèrement.

Enfin dans les cas où les œufs ont spontanément de mauvais développements (comme cela arrive chaque année en août à Roscoff), les larves traitées sont nettement plus résistantes que les larves témoins, comme s'il y avait là une action trophique. Magrou et Mme Magrou ont déjà signalé un fait analogue à propos des actions mitogénétiques (¹).

Le carotène employé, quoique théoriquement insoluble dans l'eau, communique donc à l'eau de mer des propriétés qui se manifestent nettement par une altération du développement expérimental de l'œuf d'Oursin, spécialement par une excitation de la croissance du mésenchyme. L'explication d'un tel phénomène peut suggérer plusieurs hypothèses; il semble, au moins provisoirement, qu'on puisse penser soit à une impureté organique, soit à une substance dissoute à partir du carotène et agissant à l'état de traces sur les œufs en développement.

A 15h55m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h10m.

A. Lx.

(¹) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 963-965.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 3 NOVEMBRE 1931.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS DE LAUNAY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADEMIE.

M. le **PRÉSIDENT** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

La mort, qui jusqu'ici nous avait un peu épargnés cette année, vient de nous imposer son fatal tribut de deuil en nous enlevant notre Confrère **GABRIEL KŒNIGS**.

Né à Toulouse le 17 janvier 1858, Kœnigs fut choisi à sa sortie de l'École Normale supérieure comme agrégé-préparateur. Après avoir été chargé des cours de Mécanique et d'Analyse par les Facultés de Besançon et de Toulouse, de 1883 à 1886, il a professé depuis cette époque, sous des titres différents, la mécanique à Paris, à l'École Normale, à la Sorbonne et au Conservatoire des Arts et Métiers. En 1897, il avait été nommé professeur de Mécanique physique et expérimentale à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris et il avait obtenu alors la création d'un laboratoire de mécanique qui fut en 1912 transféré dans un local spécialement aménagé pour lui sur le boulevard Raspail. Notre Confrère avait été plusieurs fois lauréat de l'Académie en 1888, 1892, 1893 et 1901, avant d'être élu dans notre Section de Mécanique en remplacement de Léauté, le 18 mars 1918.

C'était un géomètre aux vues profondes et originales, pleinement en possession des ressources de l'analyse moderne, qui a su appliquer l'analyse, d'abord à la géométrie, puis à la cinématique et à la haute mécanique.

Parmi ses premiers travaux, on peut citer : les appareils construits en 1889 pour l'étude des girations, parmi lesquels un planigraphe réalisé

d'après un théorème de Darboux permettait, au moyen d'un système articulé gauche, de décrire une zone plane; puis une série de recherches sur les systèmes de tiges articulées montrant qu'à l'aide d'un système articulé, il est possible de satisfaire à toutes conditions algébriques imposées au mouvement d'un point ou d'un corps solide; enfin une interprétation du fait que dans un mouvement déterminé le volume engendré par une portion de surface limitée par un contour fermé quelconque plan ou gauche ne dépend que du contour qui le limite. Signalons encore un beau Mémoire sur les courbures des profils conjugués dans les mécanismes et toute une série de Notes qui ont enrichi nos *Comptes rendus*.

Mais la caractéristique de Gabriel Kœnigs, où il a peut-être donné sa note la plus personnelle, a été la création de son laboratoire de mécanique, qui l'a amené à s'occuper spécialement de la thermodynamique des moteurs et de l'organisation scientifique des méthodes d'essais qui les concernent. Les installations de ce laboratoire comportaient : d'une part, un ensemble de machines pour les essais de résistance mécanique des métaux et, d'autre part, une série de moteurs à combustion interne. L'inauguration solennelle de cette installation n'avait pu avoir lieu qu'au mois de mars 1914, quelques mois à peine avant la guerre, pendant laquelle elle a rendu de grands services à la Défense Nationale. Kœnigs a consacré à l'installation et à la mise en œuvre de ces appareils des qualités maîtresses d'ingéniosité et de précision, en même temps qu'une remarquable habileté manuelle. Il a pu ainsi réaliser de sérieux progrès dans la construction de divers engins de guerre.

Dans un ordre d'idées plus théorique mais où la théorie est toujours intimement associée à la pratique, le cours professé par lui à la Sorbonne renferme un exposé magistral de la mécanique et l'on doit également citer son Introduction à une théorie générale des mécanismes.

Kœnigs avait été nommé commandeur de la Légion d'honneur. Nous garderons tous le souvenir de son affabilité souriante et j'adresse à sa veuve et à ses enfants les condoléances émues de l'Académie.

M. A. **Lacroix** fait hommage à l'Académie d'un volume intitulé *Figures de savants*, tome I (1).

Ce volume renferme l'étude de la vie et de l'œuvre de 17 hommes de science qui, à l'exception de deux (le Comte de Bournon et Armand Lévy),

(1) Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, 1932, 1 vol. in-8° de 326 pages.

ont fait partie de l'Académie (N. Desmarest, G. Duhamel, Brochant de Villiers, A. Dufrénoy, Ch. Sainte-Claire Deville, E. Hébert, E. Mallard, P. Hautefeuille, E. Munier-Chalmas, E. Haug, D. Dolomieu, R.-J. Haüy, F.-S. Beudant, A. Des Cloizeaux, Bory de Saint-Vincent).

Chacune de ces Notices, dont la plupart ont été lues devant l'Académie, est accompagnée d'un portrait et de la photographie d'un autographe.

L'impression a été faite avec les soins habituels à la Maison Gauthier-Villars.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les oscillateurs à ondes très courtes.* Note (¹) de MM. **C. Gutton** et **G. Beauvais.**

Les oscillations électroniques à l'intérieur des lampes triodes permettent, en utilisant les procédés de Barkhausen, Gill et Morell, Pierret, d'obtenir des ondes électromagnétiques de longueur inférieure au mètre. Les phénomènes périodiques qui les produisent sont encore mal connus. Les résultats souvent contradictoires, obtenus par les divers expérimentateurs en se servant de lampes vidées par les constructeurs et dans lesquelles la pression peut avoir des grandeurs très différentes, conduisent à penser qu'il existe plusieurs régimes d'oscillation et que la présence dans l'ampoule du gaz résiduel peut avoir un rôle important.

Pour rechercher cette influence, nous avons étudié les oscillations de longueurs d'onde inférieures au mètre que l'on peut entretenir avec une triode à électrodes cylindriques, dont les dimensions sont les suivantes : la plaque a 12^{mm} de diamètre et 15^{mm} de longueur; la grille a un diamètre intérieur de 4^{mm} et 14 spires de fil; le filament en tungstène est parcouru par un courant d'intensité 2 ampères pour une différence de potentiel entre ses extrémités égale à 3 volts. La lampe reste montée sur une pompe à diffusion, une jauge sert à mesurer la pression, un piège à air liquide condense la vapeur de mercure et un osmorégulateur permet de faire varier la pression.

Comme dans l'oscillateur de Barkhausen, la grille et la plaque de la lampe sont réunies respectivement aux deux fils d'une ligne dont on peut modifier la longueur en déplaçant entre les fils un pont coupé par un condensateur. Une batterie d'accumulateurs porte la grille à un potentiel supérieur de 240 volts à celui du filament. La température de ce dernier est toujours réglée de manière à obtenir un courant d'intensité 30 milliampères dans le

(¹) Séance du 26 octobre 1931.

circuit de la grille. Un système de fils de Lecher couplé à l'oscillateur et une soudure thermo-électrique servent à mesurer la longueur des ondes.

La plaque peut être portée à un potentiel différent de celui du filament à l'aide d'une batterie de piles. Pour des valeurs convenables de la différence de potentiel nous avons obtenu, pour des ondes de longueur inférieure au mètre, deux régimes d'oscillation bien distincts. Le premier correspond à des potentiels de la plaque peu différents de celui du filament, compris entre 3 ou 4 volts au-dessus de ce dernier et environ 20 volts au-dessous. On trouve sur la ligne des positions équidistantes du pont pour lesquelles l'oscillateur fonctionne avec la plus grande intensité ; il continue à osciller quoique à amplitude plus faible, pour des positions peu différentes, mais les oscillations disparaissent pour de trop grands écarts.

Lorsque le pont est amené à l'une des positions pour lesquelles les oscillations s'entretiennent, on observe un fort accroissement du courant le long du circuit de plaque; son sens est celui qui correspond à un afflux d'électrons vers la plaque.

La longueur d'onde change lorsqu'on écarte le pont de la position pour laquelle l'amplitude des oscillations est maximum. La longueur d'onde qui est alors 61^{cm} devient, en effet, $62^{cm},6$ lorsqu'en déplaçant le pont on allonge la ligne de l'oscillateur de $1^{cm},3$; elle n'est plus que $55^{cm},8$ lorsqu'on diminue la ligne de $6^{cm},5$. Ces nombres ont été obtenus pour un potentiel de la plaque -18 volts et une pression dans l'ampoule égale à quelques cent millièmes de millimètre.

Des essais à pression beaucoup plus élevée, 8 millièmes de millimètre, ont donné des ondes de longueur peu différentes comprises entre 62,2 et $55^{cm},4$. La longueur d'onde augmente un peu lorsqu'on diminue la différence de potentiel entre la grille et la plaque. En faisant passer le potentiel de cette dernière de -20 volts à $+4$ volts, la longueur d'onde augmente de $0^{cm},5$.

En baissant au delà de 20 volts le potentiel de la plaque, les oscillations disparaissent puis on les retrouve pour un potentiel de la plaque égal à -70 volts qui doit être réglé à quelques volts près. Ce nouveau régime d'oscillations, sur ondes plus courtes, n'est pas de même nature que le premier.

Lorsqu'on déplace le pont de l'oscillateur l'amplitude des oscillations passe par une série de maxima et de minima; mais il n'y a plus de positions pour lesquelles les oscillations cessent de s'entretenir et l'on n'observe plus que de très faibles variations du courant de plaque lorsqu'on déplace le

pont. Les oscillations ne peuvent plus être obtenues à très faible pression dans la lampe. Elles acquièrent la plus grande intensité pour une pression de 6 à 7 millièmes de millimètre et ne disparaissent que pour une pression supérieure au centième de millimètre.

Enfin la longueur d'onde obtenue $27^{cm},6$ devient indépendante de la longueur de la ligne de l'oscillateur. Cette longueur d'onde varie peu avec la pression et n'augmente que d'un centimètre lorsqu'on fait passer celle-ci de 2 à 18 millièmes de millimètre.

Il y a une température plus favorable du filament au-dessus de laquelle les oscillations diminuent très vite d'amplitude. Des variations de cette température dans les limites compatibles avec la conservation de la lampe et l'entretien d'oscillations n'ont pas provoqué de changements mesurables de la longueur d'onde.

En résumé, le premier régime correspond à des fréquences d'oscillations qui dépendent de la fréquence propre du circuit oscillant entretenu tandis que le second fournit une fréquence plus élevée qui en est indépendante et uniquement déterminée par les dimensions et les potentiels des électrodes de la lampe. Elle paraît donc correspondre à des oscillations susceptibles de prendre naissance à l'intérieur de celle-ci même en l'absence de circuit oscillant. L'obtention de ces oscillations nécessite la présence de gaz résiduels ionisés.

M. **M. d'Ocagne** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *Mathématiciens polytechniciens du* XIXe *siècle*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui désigner deux de ses membres qui occuperont, dans la *Commission du Contrôle de la Circulation monétaire*, les places vacantes par l'expiration des pouvoirs de MM. *H. Le Chatelier* et *G. Urbain*, membres sortants, rééligibles.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

J. Guadet. *Tables de Logarithmes des Nombres et Tables de Valeurs naturelles trigonométriques*. (Présenté par M. J. Hadamard.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur la réductibilité de certaines correspondances algébriques.* Note (¹) de M. **Alessandro Terracini.**

Si l'on envisage une courbe algébrique plane C^n, d'ordre n, il y a lieu de considérer une correspondance ponctuelle Γ sur la courbe, qui se présente d'une façon bien naturelle : c'est la correspondance entre un point P variable sur la courbe et les points P' où la tangente en P rencontre de nouveau la courbe. Il peut arriver, pour des courbes particulières, que cette correspondance soit réductible, c'est-à-dire qu'elle se décompose en un certain nombre de correspondances algébriquement distinctes. J'ai abordé l'étude de cette particularité (qu'il serait aisé d'énoncer d'une façon invariante par rapport aux transformations birationnelles). Par exemple, dans le cas où n atteint la valeur la plus petite compatible avec la nature de la question, c'est-à-dire $n = 4$, en se bornant aux courbes rationnelles, on trouve assez aisément que la réductibilité ne peut avoir lieu que pour les deux courbes suivantes (et leurs transformées homographiques) : 1° la parabole biquadratique $y = y^4$; 2° une conchoïde de Nicomède particulière, caractérisée par la relation $l^2 = 2a^2$ entre la longueur l de l'intervalle et la distance a entre le pôle et la droite base [Cette conchoïde particulière est mentionnée par Huygens (*Œuvres*, 1, La Haye, 1888, n°s 164 et 165)].

Il y a même lieu de considérer une question plus générale que celle énoncée au début, en envisageant une courbe gauche, ou même une courbe plongée dans un espace à r dimensions s_r, au lieu d'une courbe plane : pour définir la correspondance Γ, il n'y a qu'à remplacer la droite tangente par le plan (ou l'hyperplan) osculateur.

Par exemple, quel que soit r, la correspondance est certainement réductible si la courbe C est une courbe W algébrique. Dans ce cas la correspondance est, pour ainsi dire, réductible à l'extrême, car chacune des correspondances qui la composent est biunivoque, et même homographique

(¹) Séance du 26 octobre 1931.

(c'est-à-dire qu'elle est relative à une homographie de l'espace où la courbe est plongée).

La question que j'ai étudiée particulièrement est la suivante. Supposons que la correspondance Γ relative à une courbe C soit décomposable, de façon telle qu'*une* des correspondances qui correspondent à la décomposition soit aussi simple que possible, c'est-à-dire qu'elle soit homographique. Quelles sont les courbes C qui jouissent de cette propriété ? Pour les courbes planes la réponse est bien simple : l'hypothèse que je viens de formuler entraîne déjà comme conséquence que *chacune* des correspondances donnant la correspondance Γ est homographique et que la courbe est une courbe W.

Pour les courbes gauches, les choses se passent d'une façon différente. Avant tout, il est aisé de trouver *a priori*, à côté des courbes W, une autre classe de courbes, qui jouissent de la propriété que nous étudions. Ce sont les lignes asymptotiques des surfaces réglées dont les génératrices rencontrent deux droites fixes, pourvu seulement que ces asymptotiques (telles qu'on les obtient par exemple par la construction de Lie) soient irréductibles. [La question de la réductibilité de ces lignes asymptotiques a été étudiée par M. Mohrmann (*Math. Ann.*, 73, 1913) et par M. Neudorfer (*Wiener Sitzungberichte*, 136, 1927).] Or j'ai pu établir qu' *il n'existe aucune solution de notre problème autre que les courbes des deux classes qu'on vient de nommer.*

J'ai aussi étudié le même problème pour les courbes de l'espace à quatre dimensions et j'ai trouvé un résultat analogue, du moins jusqu'à un certain point.

Revenons maintenant aux courbes gauches de l'espace à trois dimensions qui résolvent notre problème, et envisageons les plus intéressantes entre elles, c'est-à-dire celles qui ne sont pas W. Elles constituent une sous-classe entre les courbes qui appartiennent à un complexe linéaire. En nous bornant à celles qui sont rationnelles, on les obtient toutes, en adoptant pour les coordonnées projectives homogènes x_0, x_1, x_2, x_3, la représentation paramétrique suivante :

$$x_0 : x_1 : x_2 : x_3 = P_1(t) : P_2(t) : P_3(t),$$

où les deuxièmes membres désignent des polynomes dont le premier et le dernier sont pairs, et les deux autres impairs : il n'y a qu'a déterminer leurs coefficients de façon que l'on ait identiquement

$$\begin{vmatrix} P_0 & P_3 \\ \dfrac{dP_0}{dt} & \dfrac{dP_3}{dt} \end{vmatrix} + k \begin{vmatrix} P_1 & P_2 \\ \dfrac{dP_1}{dt} & \dfrac{dP_2}{dt} \end{vmatrix} = 0,$$

k étant une constante donnée arbitraire. On peut, par exemple, se donner les polynomes $P_0(t)$, $P_1(t)$ et déterminer les coefficients $P_2(t)$, $P_3(t)$: on n'a qu'à résoudre un système linéaire homogène, qui est toujours compatible. On peut se poser la question de savoir si parmi ces courbes il y en a pour lesquelles la correspondance Γ ait ses composantes *toutes* homographiques, ainsi qu'il arrive pour les courbes W. Ainsi, on connaît une courbe gauche du cinquième ordre qui a été étudiée particulièrement par M. Egan (*Proc. Roy. Irish. Acad.*, 29, 1911) et qui se trouve dans ces conditions. J'ai démontré *qu'il n'y en a pas d'autres*. Au contraire, si l'on demande seulement que, à côté d'une composante homographique, la correspondance Γ contienne des correspondances dont chacune soit projective (sur la courbe), on obtient aussi d'autres solutions.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le facteur de convergence des séries de polynomes.* Note (1) de M. **F. Leja**, transmise par M. Émile Borel.

On sait qu'une série de polynomes

$$\sum_{n=0}^{\infty} P_n(z) = \sum_{n=0}^{\infty} (a_0^{(n)} + a_1^{(n)} z + \ldots + a_n^{(n)} z^n) \tag{1}$$

peut converger sur la frontière d'un domaine $\mathcal{D}$ et diverger à son intérieur; de même, elle peut converger partout dans $\mathcal{D}$ sans y converger uniformément.

Or la question se pose de savoir quelle est, dans ces deux cas, la croissance des modules maxima des termes $P_n(z)$ de la série (1) dans le domaine $\mathcal{D}$. J'ai introduit précédemment (2) la notion du *facteur de convergence d'une série de polynomes* (1) *dans un domaine* $\mathcal{D}$. C'est, par définition, la limite supérieure λ des modules de tous les nombres λ pour lesquels la série

$$\sum_{n=0}^{\infty} P_n(z)\, l^n$$

converge *uniformément* dans le domaine $\mathcal{D}$.

---

(1) Séance du 26 octobre 1931.

(2) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 506-509. Dans cette Note le facteur λ était appelé facteur de la convergence uniforme.

Le problème qui vient d'être posé peut être précisé comme il suit : Quel est le facteur de convergence de la série (1) dans un domaine $\mathcal{D}$ quand cette série converge sur la frontière de $\mathcal{D}$ ou quand elle converge partout dans $\mathcal{D}$ sans y converger uniformément.

Il suit de la Note citée que le facteur λ doit être positif, mais on peut démontrer la proposition plus précise que voici :

Théorème. — *Si une série de polynomes* (1) *converge en chaque point d'une circonférence* [1]

$$|z-a|=r \qquad (a \text{ et } r>0 \text{ quelconques}), \tag{2}$$

son facteur de convergence λ *dans le cercle* $|z-a|\leqq r$ *est supérieur ou au moins égal à l'unité* [2].

La démonstration, étant assez longue, sera insérée ailleurs. Observons que, dans ce théorème, la valeur $\lambda=1$ du facteur de convergence ne peut pas être augmentée même si la série (1) converge non seulement sur la circonférence (2) mais aussi dans le plan et si, de plus, cette convergence est partout uniforme, ce que montre l'exemple simple

$$P_n(z)=\frac{1}{n^2}, \qquad \text{pour } n=1, 2, \ldots.$$

D'autre part, observons que, si petit que soit $\varepsilon>0$, la convergence n'a lieu sur la circonférence (2) que sur un arc de longueur $2\pi r-\varepsilon$, le facteur λ dans le cercle $|z-a|<r$ peut être inférieur de l'unité. Par exemple la série de polynomes

$$\sum P_n(z)=\sum\left[\frac{4}{5+3\cos\varepsilon}\left(z+\frac{3+\cos\varepsilon}{4}\right)\right]^n,$$

où $0<\varepsilon<\frac{\pi}{2}$, converge sur la circonférence

$$|z|=1$$

partant à l'exception de l'arc

$$z=e^{i\varphi}, \qquad \text{où } -\varepsilon\leqq\varphi\leqq\varepsilon,$$

et son facteur de convergence λ dans le cercle $|z|<1$ est

$$\lambda=\frac{5+3\cos\varepsilon}{7+\cos\varepsilon}<1.$$

---

[1] Il suffit même de supposer que la convergence ait lieu presque partout sur cette circonférence.

[2] C'est-à-dire, quelque petit que soit $\varepsilon>0$, la série $\Sigma P_n(z).(1-\varepsilon)^n$ converge uniformément dans le domaine $|z-a|\leqq r$.

Il suit immédiatement du théorème précédent que :

Si une série de polynomes $\Sigma P_n(z)$ converge (uniformément ou non) en chaque point d'un domaine quelconque, le facteur λ de cette série, correspondant à ce domaine, n'est jamais inférieur de l'unité.

J'ajoute que la démonstration de notre théorème n'est pas applicable au cas où la série $\Sigma P_n(z)$ converge sur la frontière d'un domaine $\mathcal{D}$ différent d'un cercle, donc la question de savoir si, dans ce cas aussi, le facteur λ correspondant à l'intérieur du domaine $\mathcal{D}$ n'est pas inférieur de l'unité, reste ouverte.

Supposons maintenant que l'on connaisse le facteur de convergence d'une série de polynomes dans un cercle

$$|z| \leqq r, \tag{3}$$

et cherchons ce facteur pour le cercle concentrique

$$|z| \leqq \rho, \quad \text{où } \rho \geqq r. \tag{4}$$

On peut démontrer ce que voici :

Si le facteur de convergence d'une série de polynomes $\Sigma P_n(z)$, correspondant au cercle (3), est λ_r, le facteur λ_ρ de cette série, correspondant au centre concentrique (4), satisfait aux inégalités suivantes :

$$\lambda_\rho \geqq \lambda_r, \quad \text{si} \quad \rho < r,$$

$$\lambda_\rho \geqq \frac{r}{\rho}\lambda_r, \quad \text{si} \quad \rho > r.$$

Observons que, si la série de polynomes $\Sigma P_n(z)$ se réduit à une série entière $\Sigma a_n z^n$, ses facteurs de convergence λ_r et λ_ρ sont toujours liés par l'équation $\lambda_\rho = \frac{r}{\rho}\lambda_r$.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la solution du problème des trois corps, donnée par M. Sundman.* Note [1] de M. **D. Belorizky**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. M. Sundman a montré [2] qu'en introduisant, au lieu de t, une nouvelle variable ω définie par la relation

$$dt = \Gamma\, d\omega \quad (0 \leqq \Gamma < 1),$$

(1) Séance du 26 octobre 1931.

(2) Voir *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 314.

les coordonnées des trois corps, leurs distances mutuelles et le temps sont développables en séries ordonnées suivant les puissances de $(\omega - \overline{\omega})$, séries dont le rayon de convergence est plus grand qu'un nombre positif Ω, indépendant de $\overline{\omega}$. Cela revient à dire que les coordonnées des trois corps, leurs distances mutuelles et le temps sont des fonctions holomorphes de ω dans une bande de largeur 2Ω, comprise entre deux parallèles à l'axe réel des ω. On en conclut que les équations différentielles, régularisées par l'introduction de la variable ω, admettent des intégrales holomorphes dans la bande ci-dessus. En effectuant la représentation conforme de la bande sur le cercle de rayon *un*, c'est-à-dire en choisissant pour nouvelle variable

$$(\alpha) \qquad \theta = \frac{e^{\frac{\pi\omega}{2\Omega}} - 1}{e^{\frac{\pi\omega}{2\Omega}} + 1} = \mathrm{Th}\,\frac{\pi\omega}{4\Omega},$$

on obtient en définitive des intégrales holomorphes dans le cercle de rayon *un*, et par conséquent développables en séries entières suivant les puissances de θ, pourvu que $|\theta|$ soit inférieur à *un*. Les valeurs de θ comprises entre -1 et $+1$ correspondent aux valeurs réelles de t entre $-\infty$ et $+\infty$. De cette manière les développements des coordonnées des trois corps deviennent valables pour tous les temps.

2. Soit

$$(1) \qquad x_i = \alpha_0 + \alpha_1\theta + \alpha_2\theta^2 + \ldots + \alpha_n\theta^n + \ldots$$

le développement de l'une des coordonnées x_i suivant les puissances de θ, et soient

$$(\beta) \qquad \omega_{n+1} = n\Omega + \delta\Omega,$$

où $0 \leqq \delta < 1$, et n un nombre entier.

La valeur correspondante de θ étant θ_{n+1}, on trouve

$$\frac{1-\theta_n}{1-\theta_{n+1}} \sim e^{\frac{\pi}{2}} = 4.8\ldots.$$

Ainsi, quand ω croît en progression arithmétique de raison Ω, les distances de θ au point critique *un* diminuent en progression géométrique de raison indépendante de Ω, et sensiblement égale à $e^{\frac{\pi}{2}} = 4.8\ldots$.

Considérons une série majorante de la série (1) :

$$(2) \qquad X_i = M\left(1 + \frac{\theta}{r} + \frac{\theta^2}{r^2} + \ldots + \frac{\theta^n}{r^n} + \ldots\right),$$

où l'on peut prendre r aussi voisin de *un* que l'on veut. Supposons que pour $\theta = \theta_1$, il faille calculer k_1 termes de la série (2) pour que l'erreur ε ne dépasse pas 10 pour 100. En appelant k_{n+1} le nombre de termes qu'il faut calculer dans la série (2), pour avoir la même précision que ci-dessus, pour $\theta = \theta_{n+1}$, on trouve

$$k_n \sim k_1 \left(e^{\frac{\pi}{2}}\right)^n,$$

par conséquent

$$\frac{k_{n+1}}{k_n} \sim e^{\frac{\pi}{2}} = 4.8\ldots.$$

Si $n = 4$, $k_5 > 500$ quel que soit k_1, si $\varepsilon < \frac{1}{10}$.

La série (1) présente le même caractère de convergence que la série (2). On peut en conclure que, vu la relation (β), il ne faut pas songer pratiquement à développer les coordonnées des trois corps suivant les puissances de θ, si $\omega > 5\Omega$.

3. De la relation $dt = \Gamma\, d\omega$ (avec $t = 0$ pour $\omega = 0$), on tire

$$t = \Gamma_1 \omega \qquad \text{où} \qquad 0 < \Gamma_1 < 1,$$

par conséquent $t < \omega$ (sauf pour $\omega = 0$). Dans la Note citée précédemment, nous avions choisi nos unités de telle façon que la durée de l'année sidérale était représentée par 2π. Il s'ensuit que la méthode de Sundman ne saurait guère être pratiquement utilisable pour la détermination des coordonnées des trois corps, pour des intervalles de temps dépassant Ω années sidérales.

Ce résultat s'applique, bien entendu, à toute une série de problèmes, où l'on peut se servir de la transformation (α) pour la recherche de l'intégrale générale, valable pour toutes les valeurs réelles de la variable indépendante. La méthode en question, qui avait été imaginée autrefois par Poincaré [1], présente en effet un grand caractère de généralité.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Diffusion et cataphorèse du bleu de méthylène au sein de la gélatine.* Note [2] de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. G. Urbain.

Les divers phénomènes de diffusion et de cataphorèse, au sein de la gélatine, peuvent être suivis avec avantage au moyen du microphotomètre.

---

(1) Voir *Sur les courbes définies par les équations différentielles* (*Œuvres de Henri Poincaré*, 1, Chap. XVII, p. 181-189).

(2) Séance du 26 octobre 1931.

Au cours du présent travail, la méthode a été appliquée à l'étude du bleu de méthylène.

Diffusion. — La diffusion a été étudiée en apposant, sur une plaque de verre recouverte de gélatine pure, soit une parcelle solide, soit une goutte de solution concentrée. Après dessiccation de la préparation, du jour au lendemain, on retrouve la tache initiale entourée d'une auréole dégradée. Selon l'enregistrement (*fig.* 1), l'opacité, considérée depuis la goutte,

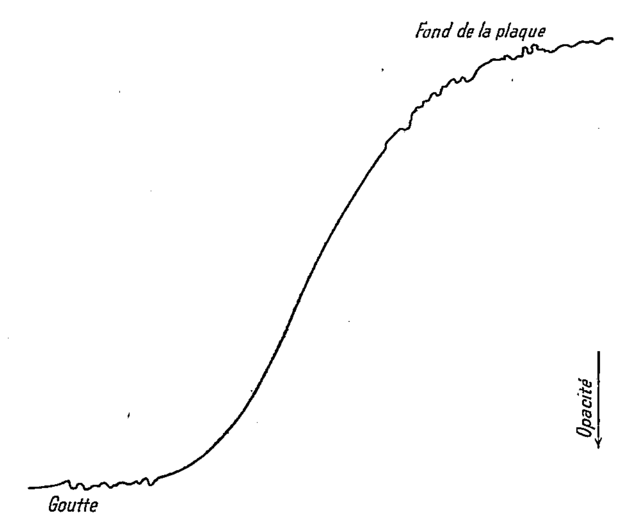


Fig. 1. — Diffusion du bleu de méthylène au sein de la gélatine.

décroît d'abord faiblement, puis dans la région de l'inflexion, à une allure beaucoup plus rapide; dans une troisième et dernière phase, le courant microphotométrique tend lentement vers la valeur limite, que fournit le fond de gélatine pure de la plaque.

A l'appui des conclusions de Fodor et Mayer (1), le présent mode expérimental n'a pas mis en évidence la discontinuité relevée par Mokruschin (2), dans ses essais en tubes.

Cataphorèse. — Au contraire de la diffusion, la cataphorèse du bleu de méthylène se caractérise par des singularités marquées.

Avec un régime électrique convenable, on voit se former, au bout de quelque temps, à proximité de l'anode, une accumulation de substance, strate épaisse, qui tranche fortement par sa couleur vive. Cette strate

(1) Fodor et Mayer, *Kolloid Zeits.*, 46, 1928, p. 201.

(2) Mokruschin, *ibid.*, 44, 1928, p. 32.

s'éloigne progressivement de l'anode, en abandonnant derrière elle un espace sensiblement incolore, circonstance que laisse bien présager le caractère basique de la matière colorante. Cependant, dans la direction de la cathode, apparaissent d'autres strates plus minces, les régions intermédiaires formant des bandes plus ou moins teintées, tandis que la région immédiatement voisine de la cathode est elle-même d'opacité prononcée. En outre, près de l'anode, dans la région primitivement claire, apparaît, à un moment donné, une bande faiblement colorée, plus ou moins large.

Les électrodes sont susceptibles de recevoir des dispositions variées. Par exemple, elles peuvent être constituées de deux feuilles de papier métallique, à bords parallèles, incorporées dans la gélatine. Dans ce cas, les strates et les bandes sont sensiblement parallèles à ces bords, et la figure de cataphorèse est analogue à une sorte de spectre.

Le papier métallique, constituant une des électrodes, peut aussi être taillé circulairement, l'autre électrode étant un fil métallique perpendiculaire au plan de la plaque, et s'enlisant dans la gélatine au centre du domaine de cataphorèse. Dans ce cas, les strates sont en forme d'anneaux.

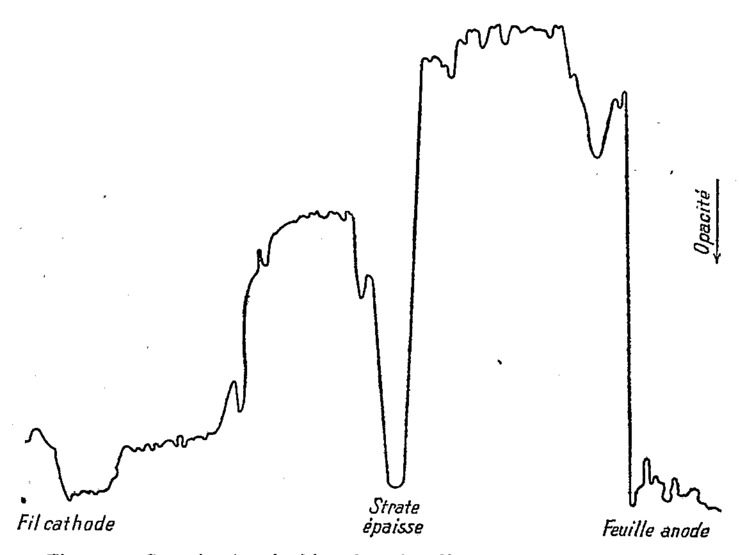


Fig. 2. — Cataphorèse du bleu de méthylène au sein de la gélatine.

L'enregistrement microphotométrique conserve, en tout cas, ses caractères généraux. Le microphotogramme, reproduit figure 2, est relatif à une cataphorèse, sous 6 volts, entre une feuille métallique formant anode circulaire (rayon $3^{cm},0$), et un fil central perpendiculaire, formant cathode,

le courant de début ayant chiffré 1,4 milliampère. La courbe traduit les diverses circonstances ici rapportées.

D'après ces observations, la cataphorèse, au sein de la gélatine, d'une substance telle que le bleu de méthylène se présente comme un processus de complexité beaucoup plus grande qu'un transport pur et simple de matière, de l'une à l'autre des électrodes.

MÉTALLURGIE. — *Préparation du magnésium pur par sublimation.* Note [1] de MM. **J. Hérenguel** et **G. Chaudron**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Pour étudier la corrodabilité du magnésium, nous avons été conduits à préparer des quantités relativement importantes de ce métal à un haut degré de pureté. Dans des expériences préliminaires, nous avions utilisé un appareil analogue à celui de H. E. Bakken [2] où l'on pouvait effectuer la distillation du magnésium dans un vide de l'ordre de quelques millimètres. Nous nous sommes vite aperçu que, dans ces conditions, l'opération présentait plus d'inconvénients que d'avantages par suite de l'oxydation, de la nitruration et même de la carburation du métal par l'anhydride carbonique de l'air; il était donc nécessaire d'employer un appareil rigoureusement étanche dans lequel on pourrait réaliser et maintenir un vide poussé, par exemple le $\frac{1}{100}$ de millimètre. Nous avons constaté ainsi que le magnésium se sublime rapidement dès 600° c'est-à-dire 50° au-dessous de son point de fusion. Récemment Kaufmann et Siedler [3], en opérant sur de petites quantités, ont aussi signalé cette sublimation et en ont indiqué les avantages.

L'appareil reproduit sur la figure ci-après nous a permis de préparer par sublimation en une seule opération une quantité de métal voisine du kilogramme. Il se compose d'une chaudière en acier moulé; les surfaces des joints sont refroidies par une circulation d'eau et par suite l'étanchéité parfaite est assurée par des rondelles en caoutchouc. Le corps cylindrique de l'appareil est calorisé, ce qui évite la diffusion à chaud de l'oxygène et de l'azote à travers la paroi en acier.

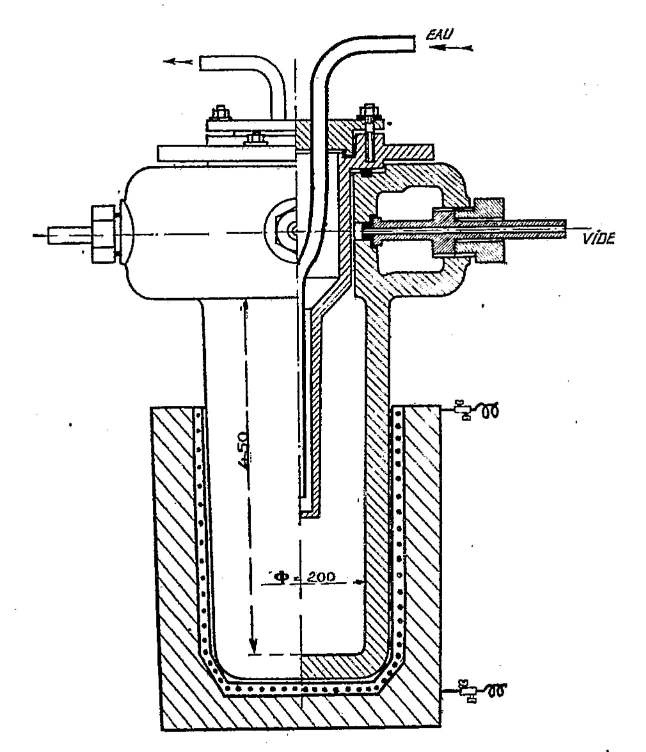
Le condenseur est constitué par un cylindre creux placé dans l'axe de

(1) Séance du 26 octobre 1931.

(2) H. E. Bakken, *Chem. Met. Mag.*, 36, 1925, p. 345.

(3) W. Kaufmann et Ph. Siedler, *Zeit. für Elektrochemie*, 37, 1931, p. 492.

la chaudière dans lequel circule de l'eau; dans ces conditions, le magnésium déposé ne peut être souillé par l'acier. La chambre de sublimation est mise en relation avec une trompe à vapeur de mercure; une pompe à huile à palette réalise le vide primaire ; un tube à décharge permet l'appréciation du vide. Un réservoir contenant de l'argon purifié peut être mis en communication avec la chambre de sublimation.



Appareil pour la sublimation du magnésium.
Le corps, en acier moulé, est calorisé sur la partie chauffée. Les joints sont en caoutchouc graissé.

Dans les conditions de nos expériences, c'est-à-dire à la température de 600° et dans un vide du 1/100e de millimètre la sublimation presque complète durait moins d'une heure pour 1kg de métal. Cette expérience présente des particularités fort curieuses que nous indiquerons dans un Mémoire plus détaillé; entre autres, les blocs du résidu présentent de grandes surfaces planes recouvertes d'une couche gris bleu de siliciure de magnésium. Dans le cas d'une distillation, le silicium se trouve au contraire entraîné dans le distillat. Quand l'opération est correctement menée, la teneur en silicium du magnésium sublimé est inférieure à 0,001 pour

100. Sur la partie supérieure du condenseur on trouve en quantité notable du chlorure de magnésium et de sodium ainsi que du sodium et son carbure.

Le tableau ci-dessous donne les résultats des analyses sur métal sublimé et bisublimé. Nous indiquerons dans un autre Mémoire les spectres de ces différents échantillons.

Métal analysé.	Cl %.	Si %.	Fe %.
Métal initial...............	0,009	0,04	0,01
Métal sublimé.............	0,001	$<$0,001	$<$0,01
Métal bisublimé............	$<$0,001	néant	néant

Le magnésium se dépose en grandes dendrites ayant généralement plusieurs centimètres de long; pour être utilisable, ce métal doit être refondu. Les procédés classiques avec fondant rendraient inutiles l'opération précédente; on tourne la difficulté en effectuant la fusion dans le même appareil mais sous une pression de quelques centimètres d'argon. On obtient un lingot sain, pratiquement privé de gaz.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Mécanisme de la réaction entre le carbonate d'éthyle et les réactifs de Grignard.* Note (1) de M. **D. Ivanoff**, transmise par M. V. Grignard.

Nous avons montré (2) que, dans la réaction entre les carboxylates organomagnésiens (3) et les réactifs de Grignard, il se fait d'abord la cétone libre, ou plutôt, sous forme de combinaison moléculaire avec l'halogénure de magnésium. Après, seulement, cette cétone réagit avec l'organomagnésien en excès et donne naissance à l'alcoolate de l'alcool tertiaire correspondant.

La réaction entre les organomagnésiens et les éthers-sels, donnant les mêmes produits que les carboxylates qui ont une constitution semblable, le mécanisme serait identique dans les deux cas. Néanmoins, il est difficile de trouver des cas où la réaction s'arrête à la première phase et presque toujours elle va jusqu'au bout en formant l'alcoolate tertiaire.

(1) Séance du 26 octobre 1931.

(2) D. Ivanoff, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 442.

(3) Pour la nomenclature de ces corps, voir D. Ivanoff, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 51.

Un cas particulier est présenté par l'action des réactifs de Grignard sur le carbonate d'éthyle ([1]). Dans les cas étudiés par l'auteur la phase intermédiaire, ici l'éther-sel, se fait avec un rendement satisfaisant. M. Tchitchibabine adopte le mécanisme d'addition classique ci-dessous :

$$\text{(I)}\qquad CO(O.C^2H^5)^2 + R.MgX = R-C\begin{cases}(O.C^2H^5)^2\\ O.MgX\end{cases}$$

$$\text{(II)}\qquad R-C\begin{cases}(O.C^2H^5)^2\\ O.MgX\end{cases} + R.MgX = C^2H^5.O.MgX + {R \atop R}\!\!>C\begin{cases}O.C^2H^5\\ O.MgX\end{cases}$$

$$\text{(III)}\qquad {R \atop R}\!\!>C\begin{cases}O.C^2H^5\\ O.MgX\end{cases} + R.MgX = C^2H^5.O.MgX + R^3C.O.MgX$$

Après hydrolyse, les complexes (I), (II) et (III) auraient donné respectivement un éther-sel, une cétone et un alcool tertiaire.

Si l'on admet le mécanisme de substitution, comme je l'ai fait pour les carboxylates, on aurait de même les trois phases qui peuvent être exprimées par les équations suivantes :

$$\text{(IV)}\qquad CO(O.C^2H^5)^2 + R.MgX = R.CO.O.C^2H^5 + C^2H^5.O.MgX,$$

$$\text{(V)}\qquad R.CO.O.C^2H^5 + R.MgX = R.CO.R + C^2H^5.O.MgX,$$

$$\text{(VI)}\qquad R.CO.R + R.MgX = R^3.C.O.MgX.$$

Cette hypothèse a été soumise à une vérification expérimentale.

1. D'après l'équation (IV) l'éther-sel devrait se trouver à l'état de liberté avant l'hydrolyse. On pourrait, donc, semble-t-il, l'extraire au moyen d'un solvant organique, approprié.

Dans ce but, après élimination totale de l'éther ordinaire, par distillation, le mélange réactionnel est extrait, deux fois, au réfrigérant ascendant, avec de l'éther de pétrole anhydre. Après évaporation du solvant, il ne reste pas trace d'éther-sel.

Au premier abord, on pourrait penser que, dans le mélange, n'existe pas l'éther-sel à l'état libre. Or les alcoolates magnésiens mixtes sont capables de former avec une, deux ou trois molécules d'éther-sel des composés oxoniens ([2]) de la forme

$$\text{(VII)}\qquad \begin{array}{c} R-C-O.R. \\ \| \\ O \\ \vdots \\ R'.OMgX \end{array}$$

([1]) Tchitchibabine, *D. Ch. G.*, 38, 1905, p. 561.

([2]) Tchelinzeff, *Bull. Soc. chim.*, 35, 1924, p. 741-753.

Et comme dans ladite réaction, d'après le mécanisme proposé (IV), à côté de l'éther-sel, se fait aussi une molécule d'alcoolate magnésien, les deux substances se combinent entre elles. Ce serait alors cette combinaison oxonienne qui est insoluble dans l'éther de pétrole.

L'insolubilité de ces combinaisons dans ledit solvant a été prouvée sur des corps obtenus en mélangeant $\frac{1}{10}$ mol-gr d'éther-sel et $\frac{1}{10}$ mol-gr d'alcoolate dans les cas suivants :

$$C^2H^5.CO^2.C^5H^{11} - i + n - C^3H^7.O.MgCl,$$
$$C^2H^5.CO^2.C^5H^{11} - i + n - C^4H^9.O.MgCl,$$
$$C^6H^5.CO^2.C^2H^5 + C^2H^5.O.MgBr,$$
$$C^6H^5.CH^2.CO^2.C^2H^5 + C^2H^5.O.MgBr,$$
$$C^6H^5.CH = CH.CO^2.C^2H^5 + C^2H^5.O.MgBr.$$

Si l'on ajoute une deuxième molécule d'éther-sel, elle est facilement extraite par l'éther de pétrole, ce qui a été vérifié dans les mêmes cas. Par contre, dans du benzène anhydre, ces complexes sont assez solubles.

2. Tous les composés oxoniens ci-dessus, après élimination de l'éther, chauffés dans un bain métallique laissent distiller une bonne partie de leur éther-sel, le reste est retenu, bien entendu, par la masse solide. Les éthers-sels formés dans la réaction de Tchitchibabine avant l'hydrolyse distillent de même; par conséquent, ils sont tout faits. Ainsi, par exemple, le produit d'addition de $\frac{1}{10}$ mol-gr $CO(O.C^2H^5)^2$ et $\frac{1}{10}$ mol-gr C^6H^5MgBr laisse distiller, sous 15^{mm}, à 100-105°, 6^g de $C^6H^5.CO^2.C^2H^5$. Les mêmes quantités de $CO(O.C^2H^5)^2$ et $i - C^3H^7MgBr$, chauffées dans un bain de paraffine, à 120°, ont donné 4^g de $(CH^3)^2 \cdot CH.CO^2.C^2H^5$.

De ces derniers essais, il résulte qu'il est beaucoup plus probable que l'on ait affaire à des composés oxoniens (VII) qu'à des corps (I), car ces derniers devraient être stables à ces températures.

3. Enfin, on pourrait mettre en évidence l'éther-sel libre (forme oxonienne) en choisissant dans la réaction de Tchitchibabine un cas où il aurait une réaction spécifique dans le milieu de sa formation. Ainsi, le phénylacétate d'éthyle sous l'action de $i - C^3H^7.MgX$ dégage quantitativement du propane et se condense en $C^6H^5.CH^2.CO.CH(C^6H^5).CO^2.C^2H^5$ (1).

J'ai obtenu le $C^6H^5.CH^2.CO^2.C^2H^5$ par la méthode de Tchitchibabine seulement avec un rendement de 6 pour 100, le produit principal étant $(C^6H^5.CH^2)^3.C.OH$. D'autre part, un essai préliminaire m'a montré que l'oxonien $C^6H^5.CH^2.CO^2.C^2H^5$, $C^2H^5.O.MgBr$ se comporte vis-à-vis de $i - C^3H^7.MgBr$ comme l'éther-sel lui-même.

(1) D. Ivanoff et A. Spassoff, *Bull. Soc. chim.*, 49, 1931, p. 375.

Alors pour saisir $C^6H^5.CH^2.CO^2.C^2H^5$ au moment de sa formation, j'ai ajouté, à 35°, au mélange $CO(O.C^2H^5)^2 + C^6H^5.CH^2.MgCl$ la quantité équivalente de

$$i - C^3H^7.MgBr.$$

Il s'est dégagé du propane, contenant très peu de propène. Du produit d'hydrolyse, après élimination de $(C^6H^5.CH^2)^3.C.OH$, l'éther diphénylacétacétique a été caractérisé par sa pyrazolone (¹).

Cet essai montre, d'une façon claire, que $C^6H^5.CH^2.CO^2.C^2H^5$ s'est formé avant l'hydrolyse. Si nous avions dans le milieu réactionnel le complexe

$$C^6H^5.CH^2.C\begin{cases}(O.C^2H^5)^2\\O.MgCl\end{cases} \qquad (1)$$

le $C^6H^5.CH^2.CO.CH(C^6H^5).CO^2.C^2H^5$ n'aurait pas pris naissance, car il lui manque le groupe — CO — acidifiant.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur le bore cristallisé.* Note (²) de MM. **L. Hackspill**, **A. Stieber** et **R. Hocart**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Le bore a été isolé pour la première fois par Gay-Lussac et Thénard (³) en 1808 sous la forme amorphe. Wöhler et Sainte-Claire Deville décrivirent en 1858 deux variétés de bore cristallisé, l'une rappelant le diamant, l'autre le graphite (⁴). Mais les travaux de Hampe (⁵), puis ceux de Joly (⁶) ont montré que le bore adamantin était surtout constitué par du borure d'aluminium $B^{12}Al$, et le graphitoïde par un borocarbure $(B^{48}C^2Al^3)$, qui, malgré les nombreux travaux publiés sur cette question (⁷), est encore vendu, par certaines importantes maisons de produits, chimiques sous le nom de bore cristallisé.

(¹) Volhard, *Lieb. Annalen*, 296, 1897, p. 12.
(²) Séance du 26 octobre 1931.
(³) Gay-Lussac et Thénard, *Recherches physico-chimiques* 1811, p. 276.
(⁴) Wöhler et Sainte-Claire Deville, *Ann. Ph. et Ch.*, 3e série, 52, 1858, p. 63.
(⁵) Hampe, *Lieb. Ann.*, 183, 1876, p. 75.
(⁶) Joly, *Comptes rendus*, 97, 1883, p. 456.
(⁷) Gmelins, *Handbuch der Anorganischen Chemie*, 8e édition : *Le bore*, p. 16 et suiv.

En 1909, Weintraub (1) est parvenu à fondre dans le vide au-dessus de 2000° le bore amorphe obtenu sur réduction de son chlorure par l'hydrogène. Il a obtenu de cette manière un produit très dur d'une pureté presque parfaite qu'il considère comme amorphe, de même que le produit obtenu par la décomposition pyrogénée du bromure ou des hydrures (2).

On peut dire que les auteurs qui ont cru obtenir le bore en cristaux visibles à l'œil nu n'étaient pas en présence d'un corps pur, et que lorsque ce métalloïde a été obtenu à l'état de pureté, c'est sous une forme amorphe ou considérée comme telle avant la découverte des spectres de rayons X.

Nous avons préparé un produit d'apparence cristalline, titrant en moyenne 99 pour 100 de bore, en faisant jaillir une étincelle oscillante très condensée produite par un appareil de Beaudoin à haute fréquence, dans un mélange d'hydrogène et de vapeur de trichlorure de bore.

Les électrodes en tungstène ou en molybdène de 1 à 2^{mm} de diamètre étaient distantes de 6^{mm} environ. Elles ne tardaient pas à se recouvrir d'un dépôt incandescent constitué par du bore qui augmentant lentement nécessitait un réglage fréquent de la distance d'éclatement. Avec une puissance de 300 watts on peut obtenir environ un demi-gramme de métalloïde en trois heures.

Le corps ainsi obtenu est noirâtre à peu près de la couleur de l'arsenic, sa dureté est de 9 (échelle de Mohs), sa densité à 20° : $3,33 \pm 0,01$.

Susceptible d'un beau poli, il présente alors l'aspect métallique, son éclat rappelant celui du chrome avec des reflets plus sombres. La surface attaquée par l'eau régale et examinée au microscope métallographique montre l'existence de couches concentriques ondulées mais non de cristaux bien nets.

L'analyse a pu être faite après attaque à l'eau régale en tube scellé vers 120-130°.

Trois échantillons ont donné : 98,6, 99,5 et 98,8 pour 100 de bore.

Les impuretés n'étant pas dosables et l'erreur possible sur le bore pouvant atteindre près de 1 pour 100 il semble que notre produit soit voisin de la pureté parfaite.

Restait à examiner s'il possède une structure cristalline.

Les spectres Debye-Scheuer que nous avons obtenus par la méthode des poudres ne permettent aucun doute à cet égard.

---

(1) WEINTRAUB, *Trans. Amer. Electrochem. Soc.*, 16, 1909, p. 165.

(2) E. VAN ARKEL, *Chemisches Zentralblatt*, 1, 1927, p. 1880.

On peut observer pour tous les échantillons une vingtaine de raies principales ne pouvant être attribuées qu'au bore. Deux provenaient du collimateur du spectrographe et deux ou trois du métal des électrodes. Ces dernières sont plus intenses dans le cas du tungstène (P. A. 184) que dans celui du molybdène (96). Les mesures faites sur les raies semblent iudiquer un réseau hexagonal.

La Société Philips a eu l'obligeance de nous offrir un échantillon de bore obtenu par dissociation du tribromure au contact d'un filament de tungstène de $\frac{15}{100}$ de millimètre maintenu à l'incandescence (7). Le métalloïde ainsi obtenu se présente sous la forme de petits cylindres de 10 à 20^{mm} de hauteur et $1^{mm},8$ de diamètre; il a été soumis à l'analyse des rayons X sous sa forme primitive sans qu'il ait été nécessaire de le pulvériser. Le spectre obtenu est identique aux précédents, en ce qui concerne le bore, mais le noyau central de tungstène ne signale sa présence par aucune raie.

Enfin nous avons obtenu par la méthode des poudres le spectre du produit vendu dans le commerce sous le nom de bore cristallisé et titrant seulement 80 ou 82 pour 100. Un dessin de ce spectre (fait d'après un cliché

Spectre X d'un bore commercial constitué en partie par du borocarbure d'aluminium

Spectre X du Bore cristallisé, à 99%

photographique) est reproduit sur la figure ci-dessus. On voit immédiatement qu'il est loin d'être identique à celui du bore pur, on ne peut même pas identifier la plupart des raies de ce dernier.

En résumé le bore pur, obtenu à haute température par deux procédés différents, dont l'un indiqué par nous, est indiscutablement cristallisé et très probablement dans le système hexagonal.

Le produit vendu sous le nom de *bore cristallisé* renferme cet élément presque uniquement sous la forme de combinaisons.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les mouvements du protoplasma chez un Ascomycète, le* Sordaria fimicola. Note [1] de M. **Bogdan Varitchak**, présentée par P.-A. Dangeard.

Le mouvement protoplasmique est un phénomène très général qui a été le sujet de nombreuses études; le cas du *Mucor* est devenu classique. Chez les Champignons, ce phénomène n'est pas limité seulement aux Siphomycètes, il a été constaté aussi chez certains Ascomycètes. C'est ainsi qu'on a étudié de très près le mouvement protoplasmique chez *Ascophanus carneus* [2]; nous allons rendre compte ici brièvement d'un cas analogue, trouvé chez un autre Ascomycète, le *Sordaria fimicola*. Mentionnons que ce Champignon a été étudié au point de vue du développement du périthèce [3] et l'on a remarqué aussi que chez cette espèce les cloisons transversales du mycélium sont perforées au centre; de plus, on a constaté la formation d'anastomoses. D'après A. E. Piehl [4] *Sordaria fimicola* est une espèce homothalique.

Dans les jeunes cultures de ce Champignon, sur le jus de carotte gélosé, on constate un mouvement du plasma qui dépasse le cadre étroit d'une cellule. En réalité, il s'établit un courant protoplasmique dans les hyphes, pour lequel les cloisons transversales ne représentent aucun obstacle, étant donné qu'elles sont perforées. Souvent on trouve des anastomoses entre deux hyphes et l'on constate que le plasma peut passer d'une hyphe à l'autre (voir la figure). Le courant du protoplasme, qui peut se produire dans toutes les directions, peut changer aussi de sens. Il n'est pas sans intérêt de mentionner que les anastomoses peuvent s'établir entre deux individus distincts, c'est-à-dire entre les hyphes de mycélium provenant de deux ascospores différentes.

Plus tard, au moment de la formation des périthèces, on constate que ce mouvement a cessé et les orifices dans les cloisons transversales sont fré-

---

(1) Séance du 12 octobre 1931.

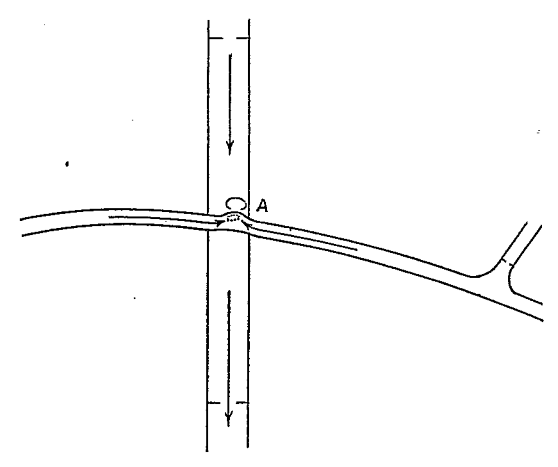
(2) Ch. Ternetz, *Protoplasmabewegung und Fruchtkörperbildung bei* Ascophanus carneus (*Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik*, 35, 1900, p. 273).

(3) P.-A. Dangeard, *L'origine du périthèce chez les Ascomycètes* (*Le Botaniste*, 10, 1907, p. 335).

(4) A. E. Piehl, *The cytology and morphology of* Sordaria fimicola *Ces. et de Not.* (*Transact. Wisconsin Acad. Madison*, 24, 1929, p. 323).

quemment bouchés par des granules réfringents qui se colorent en noir par l'hématoxyline ferrique, tandis que la plupart des cellules semblent être plus ou moins vides. Ces granules ont été souvent vus et exactement dessinés ([1]).

Le courant protoplasmique entraîne aussi avec lui les vacuoles, et on les



Passage du plasma d'une hyphe à l'autre au travers d'une anastomose (A).
Les flèches indiquent le sens du mouvement protoplasmatique..

voit passer d'une cellule à l'autre à travers l'orifice de la membrane transversale. Qu'il s'agisse vraiment de vacuoles, on peut s'en convaincre facilement avec un peu de rouge neutre. Pendant ce déplacement, elles peuvent changer d'aspect et souvent il se produit une agrégation de vacuoles : les grandes vacuoles ainsi formées peuvent se disperser facilement pendant ces passages au travers des cloisons.

On peut admettre que le mycélium de cette espèce, malgré son apparence cloisonnée, fonctionne, au moins pendant un certain laps de temps, comme le mycélium continu des Siphomycètes.

([1]) M. et Mme F. Moreau, *Les synapses des Champignons supérieurs* (*Bulletin de la Société botanique de France*, 77, 1930, p. 513).

ZOOLOGIE. — *Silicoflagellé ou Radiolaire? Un nouveau Protiste*, Bosporella triænoïdes (*gen. nov. sp. nov.*). Note de M. **Raymond Hovasse**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le plankton de surface du Bosphore renferme depuis la fin de l'été un Protiste nouveau, flagellé, muni d'un squelette de silice, et que je dénomme *Bosporella triænoides* (gen. nov., sp. nov.). Le nom spécifique rappelle que la forme du squelette peut se ramener idéalement à un spicule dit protriène. Comme l'indique le titre de cette Note, il peut s'agir là d'un Silicoflagellé ou d'un Radiolaire : la deuxième de ces hypothèses me paraît la plus probable, et nous verrons que ce Protiste semble constituer une forme larvaire de Radiolaires.

Rappelons que, si l'on sait peu de choses certaines de la reproduction des Radiolaires, on connaît au moins son point d'aboutissement, les *isospores*, qui peuvent à bon droit être considérées comme la souche de la génération suivante. Mais nos connaissances s'arrêtent là : on ne sait rien de la destinée de ces spores et l'on n'a jamais signalé de formes jeunes, malgré l'importance numérique considérable de la sous-classe. On conçoit l'intérêt qui s'attache à ce nouveau Protiste.

C'est un organisme ayant 40^{μ} de long, 20^{μ} de large, possédant une teinte faiblement jaunâtre, tirant sur le rosé, dont le squelette se rencontre en abondance dans le plankton, libre, ou inclus dans les excréments de certains Copépodes. Les individus vivants sont plus rares, mais néanmoins, certains jours, faciles à trouver.

Le squelette est fait de baguettes siliceuses pleines; les quatre croquis A, B, C, D donnent une idée de sa complexité et m'éviteront sa description.

Le corps cellulaire est placé non pas à l'intérieur de ce squelette, mais le recouvre entièrement, sauf aux extrémités où les pointes sont libres (*fig.* E).

Le protoplasme est très granuleux, surtout à la périphérie et à la partie postérieure, mais sans zone vraiment différenciée en ectoplasme ou endoplasme. Rien ne rappelle la capsule centrale. Il renferme des grains osmioréducteurs et du pigment jaune, mais celui-ci irrégulier, sans chromatophores; l'alimentation paraît holozoïque; il s'agit peut-être de résidus alimentaires.

Il n'y a pas de pseudopodes.

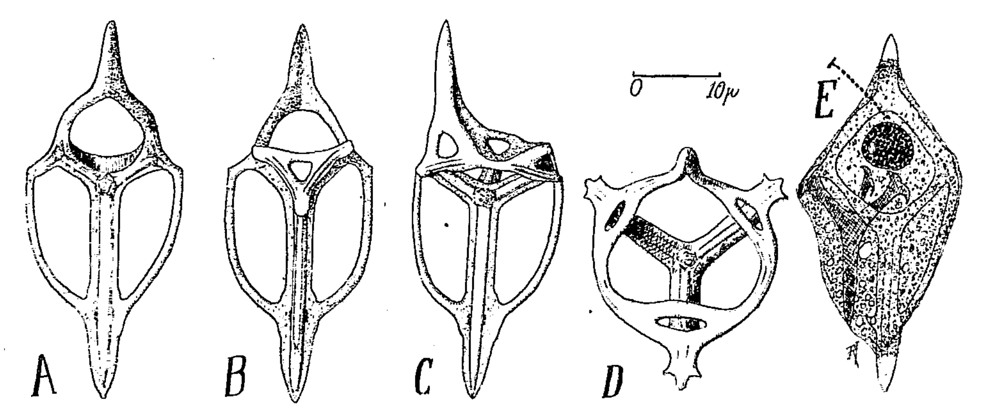
---

(1) Séance du 26 octobre 1931.

Le flagelle est difficile à voir; peut-être n'est-il pas permanent : il s'insère à la base de la plus courte des deux épines terminales, antérieure dans la progression. Je n'ai pu me rendre compte de sa longueur, ni voir s'il est simple ou double. La natation est rapide, l'animal progressant selon une hélice.

Le noyau est situé près de l'insertion du flagelle. Il est gros et a exactement l'aspect d'un *dinokaryon*.

Je n'ai pas vu la division nucléaire. Le Protiste se divise longitudina-



Bosporella triænoides : A, B, C, D, squelette vu par ses faces : ventrale A, dorsale B, latérale gauche C, antéro-dorsale D. E, figure d'ensemble, combinée, sur le vif et après coloration au vert de méthyle acétique. En pointillé, l'origine du flagelle. Néoformation d'un squelette presque achevée.

lement, après formation d'une ébauche de squelette, à côté de son squelette propre (*fig.* E). On trouve d'autres individus munis d'un seul gros noyau, possédant deux squelettes complets disposés en croix l'un sur l'autre, et qui ne paraissent pas se séparer.

Affinités. — Parmi les groupes connus, et si l'on fait tout d'abord abstraction du dinokaryon, on ne les voit que vers les Silicoflagellés et les Radiolaires. Dans le premier de ces groupes, c'est du genre *Ebria*, Flagellé à squelette fait de baguettes pleines (Stéréotestales) que se rapprocherait le plus *Bosporella*. Malheureusement les descriptions de ce type, les figures qui en sont données sont si imparfaites que l'on ne parvient pas à pousser la comparaison jusque dans les détails. En tout cas, jamais le squelette n'y est interne. Chez d'autres Silicoflagellés, les *Distephanus*, il existe aussi des individus à squelette double. Mais les baguettes qui les constituent sont creuses (Siphonotestales). J'ai étudié d'autre part en détail leur formation; elle s'effectue selon un procédé bien différent de celle du squelette de *Bos-*

porella. Les *Distephanus* ont de vrais chromatophores. D'un autre côté leur noyau est un protokaryon typique. En somme, c'est la communauté de nature chimique de leur squelette qui constitue ici la plus grande ressemblance. Si l'on veut faire de *Bosporella* un Silicoflagellé, il faut créer pour lui seul une nouvelle famille et élargir beaucoup l'extension du groupe.

Du côté des Radiolaires par contre, la constitution du squelette, sa disposition intraprotoplasmique, sont deux points de rapprochement frappants.

Certes *Bosporella* n'a pas de capsule centrale; c'est un Flagellé, sans pseudopodes, caractères qui ressembleraient l'écarter des Radiolaires : mais pensons à sa taille, et à ce fait que les isospores présentent également ces mêmes caractères.

Reste la comparaison des noyaux. Si l'on fait abstraction des *Syndinium* qu'hébergent les Radiolaires (Chatton), on ne rencontre chez eux, tout au moins chez les formes étudiées cytologiquement, que des noyaux également massifs, mais différents des dinokaryons ([1]). Ce type de noyau est jusqu'alors considéré comme spécial aux Péridiniens et formes affines. Or, si nous comparons *Bosporella* à ces groupes, les caractères qui ne sont pas nucléaires l'en écartent : je crois donc juste de faire passer au second plan cette question du dinokaryon : *Bosporella* apparaît comme un *Radiolaire de faciès larvaire*.

ÉLECTRICITÉ PHYSIOLOGIQUE. — *Note sur les propriétés biologiques comparées des courants de haute fréquence et de très haute fréquence*. Note ([2]), de M. **Jean Saidman**, présentée par M. d'Arsonval.

Nous croyons utile de comparer les propriétés biologiques des courants de très haute fréquence (T.H.F.) (au-dessus de 15000000 Hertz) avec celles des courants de haute fréquence (H.F.) telles que les résumait, en 1894, M. d'Arsonval ([3]):

1° *Action inhibitrice* de la H.F. sur les tissus qui deviennent moins excitables et donnent lieu à une sorte d'analgésie locale.

([1]) On y trouve cependant parfois des noyaux dont la structure se rapproche de celle des dinokaryons, par exemple chez *Astracantha paradoxa* Häcker (cf. *Zool. Anz.*, 30, 1906, p. 889).

([2]) Séance du 26 octobre 1931.

([3]) D'Arsonval, *Titres et travaux scientifiques*.

Cette propriété est particulièrement développée avec la T.H.F. que l'on peut employer non seulement dans les névralgies subaiguës ou chroniques, mais aussi dans les *douleurs très aiguës* qui le plus souvent ne tolèrent pas les agents physiques. L'application des ondes courtes, la région douloureuse étant placée dans le champ d'un condensateur alimenté par un poste de 250 watts, avec 1 à 2 ampères au ventre d'intensité, produit en général l'analgésie après 5 à 10 minutes. L'effet est comparable à celui d'une injection de morphine, mais dure davantage.

Citons trois observations de douleurs d'origine différente (parmi 116 observations) de malades traités à l'Institut polyradiothérapique (dit Solarium) d'Aix-les-Bains.

103. Sciatique par funiculite chronique datant d'un an et sur laquelle s'est greffée une poussée aiguë depuis neuf jours. Douleurs extrêmement vives, rebelles aux analgésiques habituels. La morphine et le pantopan ne suppriment pas complètement la douleur : la malade est trés agitée, même la nuit et ne peut faire le moindre mouvement sans douleurs atroces.

L'application T. H. F. est faite sans déshabiller la malade, en plaçant les électrodes sur la couverture du brancard et dans la position de côté adoptée par celle-ci : une plaque sur la fesse et l'autre sur la face antérieure de la jambe. La malade ne perçoit pas de sensation de chaleur, mais après dix minutes, la douleur commence à s'atténuer. Elle subit sans trop de peine le trajet du retour. La nuit est bonne et le lendemain la douleur a disparu.

72. Névralgie très violente provoquée par l'irruption de la dent de sagesse et persistant depuis deux semaines; applications quotidiennes de morphine, depuis quatre jours. L'application des ondes courtes a été suivie, après une seule application, de la disparition des douleurs, sans que la dent soit sortie.

58. Syndrome de périviscérite chez une malade opérée à plusieurs reprises (ablation de l'appendice, de la vésicule biliaire, des annexes, gastro-entérostomie). Douleurs très vives de la région epigastrique, rebelles à toute thérapeutique et accompagnées d'un état nauséeux, aussitôt après l'ingestion de tout aliment. Vomissements fréquents.

Les applications T. H. F. arrêtent immédiatement les nausées et calment en partie les douleurs. L'effet des ondes courtes ne persiste que quelques heures.

Noter que l'action calmante ne se produit que si l'électrode abdominale est placée, non pas sur l'épigastre douloureux, mais sur la fosse iliaque indolore. De plus, il faut une faible intensité donnant simplement un peu de tiédeur; une chaleur plus forte a pour effet d'augmenter la douleur.

2° Il y a inhibition en dehors de toute sensation constante (les textes cités sont ceux de M. d'Arsonval). En effet, avec les ondes également, l'action se produit souvent en dehors de toute sensation ou seulement avec une chaleur modérée. *L'effet ne paraît pas lié à une action calorifique*, car une forte chaleur se révèle souvent inefficace ou gêne l'action calmante.

3° En continuant un temps assez long, on voit la peau se vasculariser et se couvrir de sueur. C'est une conséquence de l'effet sur les vasomoteurs, que nous retrouvons avec les courants T. H. F.

15. Malade atteint d'une névralgie intercostale tenace, sans lésion pleurale sous-jacente. L'application T. H. F. provoque, sans chaleur vive, une sudation localisée à peu près au territoire douloureux. Noter que les rayons infrarouges, appliqués au même malade de façon à donner une chaleur plus forte, provoquent moins de sudation.

4° En soumettant un animal à ces courants, on constate une augmentation dans l'intensité des échanges repiratoires. Cette propriété ne semble pas avoir été constatée avec les courants T. H. F., et l'on suppose qu'il se produit surtout une diminution du métabolisme.

5° Les courants H. F. ont des propriétés bactéricides mises en évidence par M. d'Arsonval sur le bacille pyocyanique. Avec la T. H. F., Seidel a pu stériliser le lait. Carpenter [1] a constaté que les lapins inoculés avec le spirochète de la syphilis et exposés tous les jours aux ondes courtes n'ont pas présenté de lésions contrairement aux animaux témoins qui ont présenté tous le chancre habituel.

En résumé, sur les cinq propriétés découvertes par M. d'Arsonval, quatre se retrouvent avec les ondes courtes. D'autres confirmations de ses travaux résultent des recherches récentes sur les effets thermiques de la T. H. F. Mac Lennan [2] et Burton ont retrouvé par d'autres procédés le maximum d'échauffement pour la même concentration de l'électrolyte NaCl que celle donnée par M. d'Arsonval, dont il ne semble pas connaître ce travail.

En thérapeutique, on utilise surtout les effets thermiques des courants H. F. (diathermie), et avec les ondes courtes, les auteurs américains recherchent également des effets calorifiques généraux qu'ils appellent « fièvre artificielle » (radiothermie ou infra-diathermie). En France, Saidman, J. Meyer et R. Cahen [3] ont attiré l'attention sur l'importance de la fièvre locale provoquée par les ondes courtes. Toutes ces recherches rentrent dans le cadre élargi de la d'Arsonvalisation, dont les lignes générales restent les mêmes.

---

(1) CARPENTER, *Archives of Physical Therapy*, 1931, p. 200.
(2) MAC LENNAN, *Archives of Physical Therapy*, 1931, p. 220.
(3) SAIDMAN, J. MEYER et R. CAHEN, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 452.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La lipase α du sérum de cheval. Son activité au cours de multiples saignées.* Note (¹) de Mme **Z. Gruzewska** et M. **G. Roussel**, présentée par M. L. Mangin.

Découverte par Henriot dans le sérum sanguin, la lipase α ne dédouble que les éthers de glycérine aux acides à poids moléculaire faible. La lipase proprement dite, qui saponifie les graisses neutres, n'existe ni dans le sang, ni dans l'urine à l'état normal (Arthus, Camus, Doyen et Morel).

Pour éviter toute confusion dans nos exposés, nous désignerons le ferment du sérum sous le nom de lipase α. Le nom de monobutyrinase (Arthus) ne nous semble pas justifié. En dehors de la monobutyrine, cette diastase dédouble d'autres éthers de la glycérine.

Dans ce travail nous avons étudié l'activité de la lipase α, régénérée après des saignées successives.

La technique des saignées hebdomadaires, du prélèvement stérile du sérum, a déjà été signalée dans nos Communications antérieures.

L'activité diastasique était mesurée de deux façons :

1° 1^{cm^3} de sérum est mis en contact avec 10^{cm^3} de monobutyrine à 1/300e, pendant 20 minutes à 37° C. L'acide libéré est titré avec une solution de CO^3Na^2 en présence de phénolphtaléine.

2° Le mélange sérum-monobutyrine est maintenu à 37° C. pendant 20 minutes à trois reprises successives, et neutralisé exactement après chaque séjour à l'étuve.

Dans les deux cas l'activité lipasique α pour 1^{cm^3} de sérum est exprimée en pour 100 de monobutyrine transformée. L'intensité de l'activité du ferment est plus marquée dans le premier cas. Le sérum bouilli n'a aucune action sur la monobutyrine. Les solutions de monobutyrine maintenues à 37°C. ne subissent aucun changement pendant le temps de nos expériences.

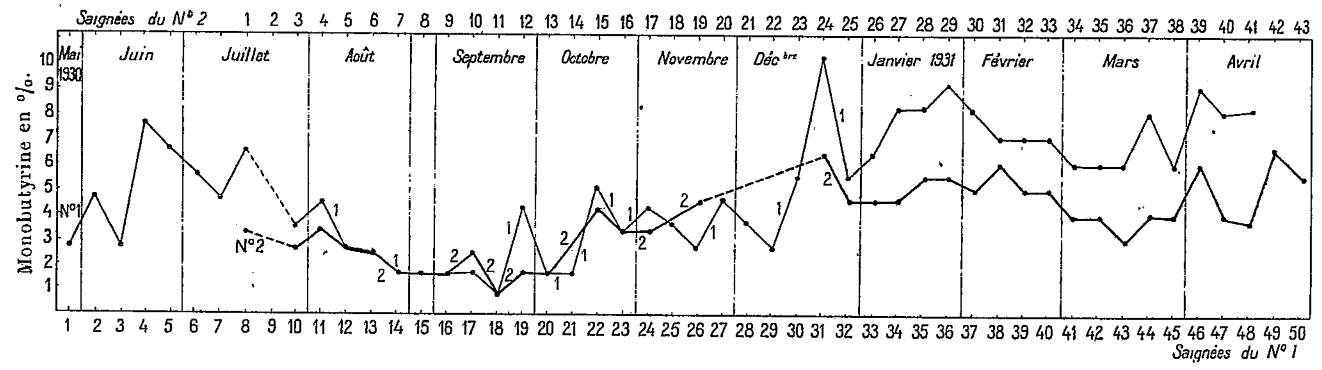
La monobutyrine doit être neutralisée avant l'expérience, et le titrage de l'acide arrêté au premier changement de coloration (Camus). Les courbes que nous donnons représentent l'activité lipasique α (20 minutes à 37° C.) de deux sérums différents. Les premières saignées de deux sérums ont été

(¹) Séance du 12 octobre 1931.

effectuées à deux mois d'intervalle. La monobutyrine en pour 100 est indiquée sur l'ordonnée, et les saignées sont portées sur l'abscisse.

Conclusions. — 1° Le pouvoir lipasique α de 1^{cm^3} de sérum de cheval, mis en contact avec 10^{cm^3} de monobutyrine à 1/300e pendant 20 minutes à 37°, est exprimé en pour 100 de monobutyrine transformée. Ce pourcentage oscille pour le sérum n° 1, de 1 à 10, et pour le sérum n° 2, de 1 à 6;

2° Les variations de l'activité du ferment ne semblent pas avoir de rapport avec les variations des autres constituants du sérum;



Les courbes de l'activité lipasique α de deux sérums différents au cours des saignées successives. La courbe du sérum n° 1 se confond à un moment donné avec celle du sérum n° 2. Les pointillés masquent les interruptions dans les saignées.

3° Les courbes de deux sérums, malgré les différences individuelles qui se manifestent, par la plus ou moins grande intensité de l'activité diastasique, présentent une analogie très marquée;

4° Cette similitude des variations du pouvoir lipasique de nos deux sérums semble se rapporter plutôt aux époques dans lesquelles ont été effectuées les saignées, qu'aux saignées elles-mêmes, ainsi que nous l'avons signalé pour d'autres ferments du sérum;

5° Quel que soit le nombre de saignées, la lipase α du sérum peut être toujours mise en évidence.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de la pancréatine sur différents types de laine*. Note [1] de MM. **Cl. Fromageot** et **A. Porcherel**, transmise par M. V. Grignard.

Au cours d'un travail sur la résistance des fibres animales aux actions biochimiques, nous avons été amenés à continuer un travail de MM. Meunier, Chambard et Comte, fait précédemment dans cet Institut et paru ici même [2], sur l'action de la pancréatine vis-à-vis de la laine. Nous nous sommes demandé d'une part jusqu'à quel point l'hydrolyse de la laine pouvait être poussée, et d'autre part si des laines de provenances diverses et de caractères physiques différents présentaient des variations dans leur résistance vis-à-vis du complexe fermentaire en question.

300^{mg} de laine séchée à l'air, correspondant à 270-273^{mg} de fibre séchée à 110°, sont placés dans une solution tampon (acide borique + soude) à $pH = 11$, à 37° et pendant 48 heures. La laine ainsi traitée est lavée à l'eau distillée et placée dans 50^{cm^3} d'une solution de pancréatine à 1 pour 100, à $pH = 8$ (borate de soude + acide chlorhydrique), additionnée d'un peu de toluène; le tout est maintenu à 37°-38°.

Pour éliminer tout affaiblissement de l'action du ferment, affaiblissement que nous avons constaté expérimentalement et qui peut être dû soit à l'établissement d'un équilibre entre les produits d'hydrolyse et les produits non encore attaqués, soit plutôt à une destruction plus ou moins totale du ferment lui-même, nous changeons la solution de pancréatine toutes les 24 heures.

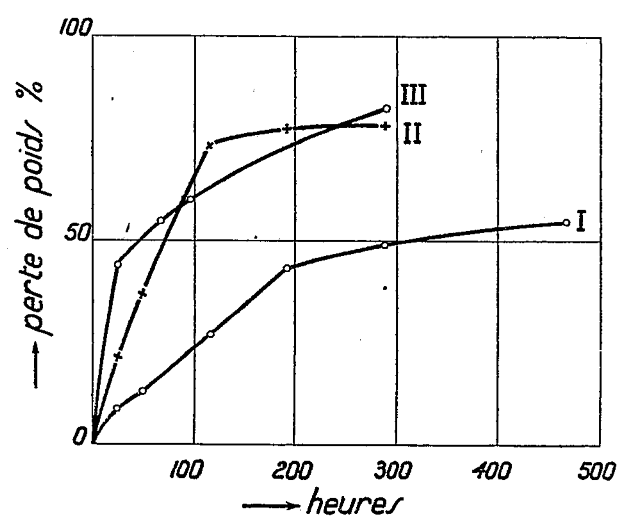
Nous avons pu ainsi établir, pour une laine donnée, la courbe des pertes de poids en fonction du temps. Les expériences ont porté sur les échantillons de laine suivants :

Origine.	Caractère.	Diamètre moyen.
I. Mérinos d'Arles	fine	20^{μ}
II, Syrie	grossière	31
III. Perse	grossière	31

(1) Séance du 26 octobre 1931.

(2) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1208.

Les courbes de la figure ci-dessous indiquent les résultats obtenus.



On voit que :

1° Il y a des différences très sensibles entre les laines étudiées, les plus grossières se montrent les moins résistantes à l'action de la pancréatine;

2° La perte de poids peut être très importante, atteignant 82 pour 100 et plus du poids initial;

3° La perte de poids semble correspondre à deux stades : dans le premier, le plus rapide, il y aurait dissolution du ciment protéique tenant agglomérés les éléments cellulaires; le deuxième stade correspondrait à l'attaque des éléments cellulaires eux-mêmes. Cette manière de voir semble soutenue par les observations microscopiques : les cellules se détachent et restent parfaitement intactes pendant la période correspondant à la première partie de la courbe, alors qu'on observe fréquemment des éléments isolés en voie de destruction à partir du moment où la courbe change d'inclinaison.

CYTOLOGIE. — *La structure cytologique du bacille tuberculeux type humain; cycle évolutif de* Mycobacterium tuberculosis (*Lehmann et Neumann*). Note [1] de M. **A.-Ch. Hollande** et Mme **G. Hollande**, présentée par M. Maurice Caullery.

En appliquant notre méthode de coloration par les éosinates à la soude du bleu de méthylène, à l'étude du bacille tuberculeux, type humain, nous avons constaté les faits suivants :

1° Le bacille de Koch, hyperacidorésistant, riche en corpuscules de Much, également acidorésistants, ne renferme plus de protoplasme. Histologiquement, sa membrane est unique et non double; elle contient la substance acidorésistante. Sous cet aspect, le bacille représente la forme durable du parasite *Mycobacterium tuberculosis* (*fig. h*), cette forme se rencontre dans les vieilles cultures et les produits pathologiques.

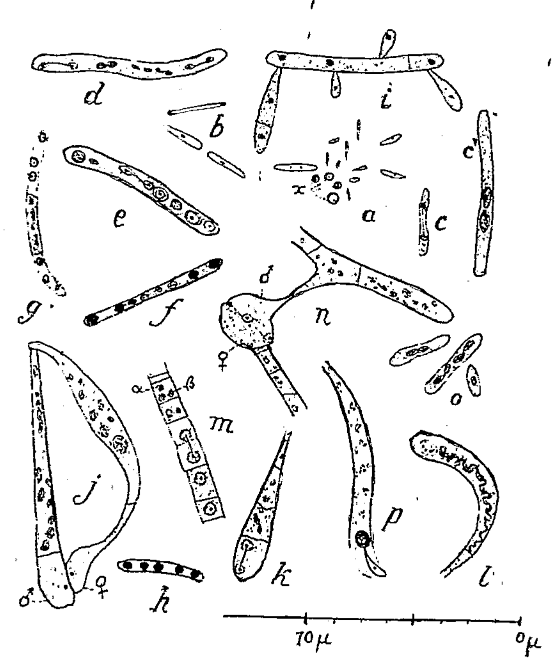
2° Les granules de Much, arrivés à leur complet état de développement, ne sont que des rénitocytes; comme tels, ils sont composés d'un fin nucléosome, véritable noyau qu'entoure un halo protoplasmique, chargé de métachromatine cyanophile; une membrane érythrophile hyperacidorésistante en limite des contours extérieurs. De dimensions variables, certains rénitocytes sont si minuscules qu'ils constituent, selon nous, le virus filtrant du bacille tuberculeux.

3° Les rénitocytes se libèrent du bacille de Koch par dégénérescence des membranes (*fig. g*); tombés dans un milieu convenable, ils germent et donnent naissance à de fins corpuscules cyanophiles (*fig. a*). Plus ou moins arrondis au début, ceux-ci s'allongent, grossissent et se divisent par scissiparité transversale (*fig. b*); fréquemment, on y décèle un fin corpuscule médian, coloré par les éosinates en bleu noirâtre (nucléosome?). Plus tard, dans le protoplasme, apparaissent des granules formés de métachromatine érythrophile (paranucléosome) ou cyanophile (métachromatinosome), où s'observe parfois un nucléosome (*fig. c, c'*). Très rapidement, au fur et à mesure que le bacille se développe, ces granules se multiplient par étirement des nucléosomes et des métachromatinosomes (*fig. d*). A ce stade, le bacille de Koch est formé par un bâtonnet riche en protoplasme cyanophile,

(1) Séance du 26 octobre 1931.

contenant de nombreux métachromatinosomes avec nucléosomes (*fig. e, f*); leurs ensembles constituent les granules de Much; aux dépens de ces derniers s'élaboreront les rénitocytes.

4° Le bacille tuberculeux produit, dans certaines conditions de milieu,



Différents stades de *Mycobacterium tuberculosis*.

a, corpuscules nés des rénitocytes (x); *b, c, c'*, jeunes éléments microbiens en voie de division; *c*, étirement du paranucléosome et du nucléosome; *d*, bacille renfermant des métachromatinosomes en division; *e, f*, formation des rénitocytes dans une forme microbienne hypertrophiée : division des nucléosomes et des métachromatinosomes; ceux-ci s'entourent finalement (en *e*) d'une membrane acidorésistante; *g*, début de libération des rénitocytes; *h*, forme durable ou bacille de Koch; *i*, très jeune forme ramifiée; *j*, accolement de deux massues, ou gamontes, élaborés aux deux extrémités d'un même filament; ♀ massue érythrophile, ♂ massue cyanophile; *k, l*, élaboration des nucléosomes apicaux qui constitueront les noyaux des gamètes (?) dans des massues; *n*, fusion de deux nucléosomes apicaux; *p*, œuf (?) germant situé au sommet d'une massue en dégénérescence; *o*, bacilles tuberculeux nés de la germination; *m*, développement d'un filament cloisonné appartenant à une touffe mycélienne ramifiée; division du nucléosome situé au centre de paranucléosomes; α, paranucléosome en régression et son remplacement dans la même cellule par des métachromatinosomes β.

des formes ramifiées; elles dérivent de corpuscules coccoïdes spéciaux, éléments microbiens ovoïdes ou arrondis acidorésistants.

Les formes ramifiées constituent des touffes mycéliennes composées de filaments, cloisonnés (*m*) ou non, et de massues (*fig. i* et *m*). Nous

considérons ces dernières (*fig. k, l*) comme des organes servant à la reproduction (gamontes).

5° A un moment donné, deux massues s'accolent (*fig. j*); les nucléosomes situés aux parties terminales de chacune d'elles s'approchent de la membrane limitrophe, et peuvent se fusionner (*fig. n*).

6° Nous avons constaté, à l'extrémité de quelques massues en dégénérescence, la présence d'un gros corpuscule coloré en jaune ocre par les éosinates. Attenant à ce dernier, se voit parfois un fin filament, plus ou moins renflé en son milieu. Le corpuscule apparaît ainsi comme un « œuf » d'où sortirait un germe (*fig. p*). Une certaine part d'hypothèse demeure néanmoins dans l'interprétation de ces derniers faits.

7° Les cultures où s'établissent de telles formations, repiquées sur un milieu solide (gélose peptonée glycérinée) donnent naissance à des éléments microbiens particuliers; faiblement acidorésistants, ceux-ci sont formés par des bacilles petits, à bouts arrondis, à protoplasme dense, cyanophile, abondant et renfermant un ou deux paranucléosomes ou métachromatinosomes; ces microbes sont constamment en voie de division (*fig. o*).

De tels microbes — contrairement au bacille de Koch riche en rénitocytes — s'émulsionnent facilement dans l'eau physiologique; réensemencés tous les six jours sur le milieu solide précédent, ils donnent lieu à la production d'une culture très abondante (type coli). Replacés en milieu liquide de S. Arloing et P. Courmont, ils reproduisent, en passant par les stades représentés aux figures *d*, *e* et *f*, la forme durable du bacille tuberculeux.

Il n'y a pas formation de symplasme dans le cycle de *Mycobacterium tuberculosis*.

La séance est levée à 15h30m.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 NOVEMBRE 1931.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS DE LAUNAY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Stabilité séculaire des rotors de turbines.* Note (¹) de M. E. **JOUGUET**.

I. Stodola, représentant schématiquement un rotor de turbine à vapeur par un disque porté par un arbre flexible perpendiculaire à son plan, a montré que la rotation de ce système au-dessus de sa vitesse critique était stable si le moment d'inertie du disque était assez grand (²). Mais il résulte d'une remarque de Lamb que cette stabilité n'est pas séculaire et est détruite par des résistances visqueuses à la déformation, si petites qu'elles soient (³). Pour expliquer la stabilité constatée expérimentalement, Lamb invoque alors les résistances à la rotation. Je voudrais présenter quelques commentaires à propos de ces résultats. Il est indispensable, pour rapprocher correctement ceux de Lamb et ceux de Stodola, de préciser les conditions où l'on se place et de ne pas se contenter du criterium de stabilité séculaire utilisé par Lamb.

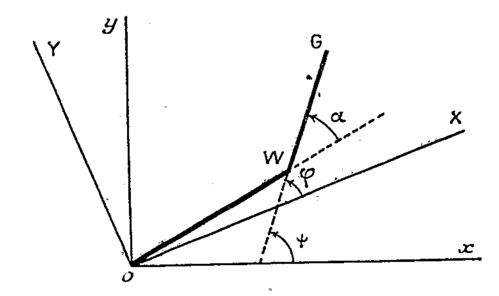
II. Conformément aux hypothèses de Stodola, le disque est supposé monté assez symétriquement pour que son mouvement se fasse dans son plan qui sera celui de la figure. Soient alors : O l'axe de rotation; W l'attache du disque à l'arbre; OW $= r$, la flèche; G le centre de gravité;

(¹) Séance du 3 novembre 1931.
(²) *Turbines à vapeur et à gaz*, 2ᵉ édition française, nº 193.
(³) *Proc. of the Roy. Soc.*, A, 180, 1908, p. 168.

e l'erreur de centrage WG; α l'angle, en mouvement, de WG avec OW; ψ l'angle de WG avec Ox fixe; M la masse du disque; I son moment d'inertie polaire autour de G. On néglige la masse de l'arbre. Les trois paramètres ψ, r, α définissent la position du disque; r et α sont affectés de viscosité (résistances à la déformation); ψ est sans viscosité (variable cyclique). La force vive est

$$(1)\quad 2T = [I + M(r^2 + e^2 + 2er\cos\alpha)]\psi'^2 + Mr'^2 + Mr^2\alpha'^2 - 2Mr(r + e\cos\alpha)\alpha'\psi' - 2Me\sin\alpha\, r'\psi'.$$

La fonction dont le minimum caractérise la stabilité séculaire (criterium de Routh-Poincaré) est la somme de l'énergie cinétique cyclique et du potentiel



des forces autres que la viscosité, lesquelles se réduisent aux forces élastiques de flexion, car on néglige l'effet du poids ([1]),

$$(2)\quad V + J = M\Omega^2\frac{r^2}{2} + \frac{x^2}{2[I + M(r^2 + e^2 + 2er\cos\alpha)]} \qquad \left(x = \frac{\partial T}{\partial\psi'} = \text{const.}\right).$$

En régime, ψ' est constant et égal à ω. Les valeurs correspondantes de r et α sont données en égalant à zéro la différentielle première de $V + J$ en r et α. On trouve

$$(3)\quad \begin{cases} (R_0), & \alpha = 0, & r = \dfrac{e\omega^2}{\Omega^2 - \omega^2}, & \text{si } \omega < \Omega \\ (R_\pi), & \alpha = \pi, & r = \dfrac{e\omega^2}{\omega^2 - \Omega^2}, & \text{si } \omega > \Omega \end{cases} \qquad (\Omega \text{ vitesse critique}).$$

([1]) Notations de mon Mémoire *Sur la stabilité séculaire* (*Journal de l'Éc. Polyt.*, 2[e] série, 27[e] Cahier, 1929, p. 205). Voir aussi ma Note du *Bulletin de la Soc. math. de France*, 58, 1930, p. 34. Je modifie d'ailleurs sur un point la terminologie adoptée dans ces travaux et j'appelle extinction ou annulation des vitesses, extinction ou arrêt des déplacements, effacement de la perturbation ce que j'y ai nommé extinction des vitesses, amortissement et amortissement parfait.

La stabilité est commandée par

$$(4)\quad \partial^2(V+J)=\left[M(r^2-\omega^2)+4M^2\omega^2\frac{1}{M+I\dfrac{(\omega^2-\Omega^2)^2}{e^2\Omega^4}}\right]\partial r^2+\frac{M\omega^4e^2}{\Omega^2-\omega^2}\partial\alpha^2.$$

1° Si $\omega<\Omega$, on a un régime R_0 stable aussi bien ordinairement (sans viscosité) que séculairement (avec viscosité de déformation pour r et α).

2° Si $\omega>\Omega$, on a un régime R_π qui n'est jamais stable séculairement. Quand I est inférieur à $\frac{Me^2\Omega^4}{(\omega^2-\Omega^2)^3(\Omega^2+3\omega^2)}$, il n'y a pas non plus stabilité ordinaire, le nombre de coefficients de stabilité négatifs étant impair. Quand I est supérieur, on ne peut encore rien dire sur cette stabilité.

La stabilité séculaire dont il est ici question présente l'extinction des vitesses et des déplacements, mais ne comporte l'effacement de la perturbation que si celle-ci respecte l'x du régime.

III. Dans le problème qui vient d'être traité, l'arbre est lancé en rotation libre, le moment résultant des forces autour de O étant toujours nul. C'est le cas dont la stabilité ordinaire a été étudiée par Stodola.

Supposons maintenant la vitesse réglée par un régulateur, en régime, les forces ont toujours un moment nul; mais, en dehors du régime, apparaît un couple régleur. Bien que Lamb ne signale pas explicitement l'importance du réglage de la vitesse, c'est à ce cas que s'appliquent rigoureusement ses remarques. Un régime est une position d'équilibre relatif par rapport à des axes OXY tournant avec une vitesse constante ω; le système est défini par les trois paramètres φ, r, α $\left(\varphi=\widehat{OX, WG}\right)$ affectés tous trois de viscosité, car le couple régleur, qui a le signe de $-\varphi'$ et s'annule avec lui, fonctionne comme une viscosité relative à φ. La stabilité séculaire dépend alors du criterium de Tait et Thomson.

La fonction à considérer est

$$(5)\qquad V+L=M\Omega^2\frac{r^2}{2}-\frac{\omega^2}{2}[I+M(r^2+c^2+2er\cos\alpha)].$$

Les régimes définis par $\partial(V+L)=0$ sont les régimes (3) et leur stabilité est commandée par

$$(6)\qquad \partial^2(V+L)=M(\Omega^2-\omega^2)\,\partial r^2+M\frac{\omega^4 e}{\Omega^2-\omega^2}\,\partial\alpha^2.$$

Il s'agit simplement d'ailleurs de stabilité partielle, au sens de mon Mémoire *Sur la stabilité séculaire*, puisque $V+L$ est indépendant de φ.

1° Si $\omega < \Omega$, on a un régime R_0 présentant à la fois les stabilités ordinaire et séculaire.

2° Si $\omega > \Omega$, on a un régime R_π instable séculairement. On ne sait rien encore sur la stabilité ordinaire, le théorème sur la parité du nombre de coefficients négatifs ne s'appliquant pas à la stabilité partielle.

IV. Ainsi, en rotation libre comme en rotation réglée, si $\omega > \Omega$, il n'y a jamais stabilité séculaire. Or des résistances à la déformation existent toujours dans la réalité. Il faut donc expliquer la stabilité que donne l'expérience. On ne saurait invoquer une liberté supplémentaire, par exemple les petits mouvements faisant sortir le disque du plan de la figure, parce qu'une liberté supplémentaire est incapable de produire une stabilité séculaire ([1]). Lamb estime que la stabilité est assurée par les résistances à la rotation d'ensemble. Mais il faut préciser à quelles résistances on peut demander cette stabilisation. Montrons qu'on peut l'obtenir par la résistance de milieu, introduite par Stodola dans l'étude des flèches, et proportionnelle à la surface et au carré de la vitesse de chaque élément du disque. Soient b le coefficient de cette proportionnalité et R le rayon du disque.

Avec cette nouvelle force, le problème ne peut se traiter que par la théorie des petits mouvements. Un régime étant défini par les valeurs ω, r_0, α_0 de ψ', r, α, on a, dans les petites oscillations autour du régime,

$$\psi' = \omega + \varepsilon, \qquad r = r_0 + \eta, \qquad \alpha = \alpha_0 + \zeta \qquad (\varepsilon,\ \eta,\ \zeta \text{ petits}).$$

Dans un régime où r_0 est assez petit et dans les petites oscillations autour de lui, le travail virtuel de la résistance de milieu est

$$(7) \qquad -\frac{2}{5} p \omega^2 R^2 \left(1 + 2\frac{\varepsilon}{\omega}\right) \partial\psi - p\omega r' \partial r + p\omega(\omega - \alpha') r^2 \partial\alpha \qquad (p = \pi b R^3).$$

Pour surmonter cette résistance, il faut appliquer au disque un couple dont le travail virtuel est $N\partial\psi$. Le travail virtuel des forces élastiques est $-M\Omega^2 r \partial r$; celui de la viscosité de déformation est $-fr'\partial r - g\alpha'\partial\alpha$, et, éventuellement, celui du couple régleur est $-C(\psi' - \omega)\partial\psi$.

Les équations de Lagrange des petits mouvements sont des équations différentielles en ε, η, ζ, qu'il est facile d'écrire, mais que nous ne reproduirons pas ici.

V. Ces équations permettent de voir que la résistance de milieu peut

---

([1]) Voir ma Note *Amortissement des oscillations et stabilité séculaire*, art. V (*Congrès de Mécanique appliquée de Stockholm*, 3, 1930, p. 112).

stabiliser les régimes quand elle est suffisante et que I est assez grand. Nous supposerons que, dans les petites oscillations, le moment N garde la valeur $\frac{2}{5}p\omega^2 R^2$ qu'il a en régime.

Pour I très grand, $\varepsilon' = 0$. On peut d'ailleurs, pour étudier la stabilité, supposer $\varepsilon = 0$. L'équation caractéristique du système des équations de Lagrange est alors

$$(8)\quad S^4 + \left[2(\Omega^2+\omega^2) + \left(\frac{p\omega}{M} + \frac{f}{M}\right)\left(\frac{p\omega}{M} + \frac{g}{Mr_0^2}\right)\right] S^2 + (\Omega^2-\omega^2)^2 + \frac{p^2\omega^4}{M^2}$$
$$+ S\left[\left(\frac{f}{M} + \frac{g}{Mr_0^2} + \frac{2p\omega}{M}\right) S^2 + (\Omega^2-\omega^2)\left(\frac{f}{M} + \frac{g}{Mr_0^2} + \frac{2p\omega}{M}\right) + \frac{4p\omega^3}{M}\right] = 0.$$

Il y a toujours stabilité quand toutes les résistances sont nulles. Avec des résistances à la déformation, on a toujours instabilité pour $\omega > \Omega$ s'il n'y a pas résistance de milieu, mais on peut avoir stabilité si l'on a une résistance de milieu suffisante. Le calcul, fait en supposant toutes les résistances petites, donne la condition de stabilité

$$(9)\qquad \frac{p\omega}{M} > \left(\frac{f}{M} + \frac{g}{Mr_0^2}\right)\frac{\omega-\Omega}{2\Omega}.$$

Tout ce qui est dit au présent article V s'applique à la rotation réglée comme à la rotation libre.

VI. En rotation réglée, on peut avoir $\varepsilon = 0$ sans avoir I grand, si l'on a un réglage très raide, avec C considérable. L'article V s'applique encore à ce cas où la grandeur du couple régleur remplace celle du moment d'inertie.

VII. En rotation libre au contraire, l'article V ne convient que pour I grand. On peut d'ailleurs faire les remarques suivantes quand les résistances sont petites, ce qui est le cas de la réalité.

En l'absence de toute résistance, l'équation caractéristique se réduit à $S(S^4 + AS^2 + B) = 0$. En exprimant que toutes ses racines ont des parties réelles nulles, on obtient, avec Stodola, les conditions de stabilité ordinaire, lesquelles, pour $\omega > \Omega$, exigent que I soit supérieur à une certaine limite. Au contraire l'instabilité ordinaire est caractérisée par quelques racines à partie réelle positive.

Il suit de là que l'introduction, dans un système stable ordinairement, de résistances *aussi petites qu'on veut* peut faire apparaître dans les racines des parties réelles positives ou négatives ; l'introduction de résistances à la déformation seules donne toujours des parties réelles positives, donc l'ins-

tabilité (art. II), tandis que l'introduction simultanée de résistances à la déformation et d'une résistance de milieu, toutes petites, mais la seconde étant assez grande par rapport aux premières, peut donner des parties réelles négatives et maintenir la stabilité (art. V). Au contraire, à partir d'un système instable ordinairement, il faut des résistances finies pour faire disparaître les parties réelles positives et avec elles l'instabilité.

Une petite résistance de milieu se présente donc comme susceptible de rétablir une stabilité troublée par de petites résistances à la déformation, mais comme incapable de stabiliser un rotor qui ne vérifie pas sensiblement les conditions de stabilité ordinaire de Stodola.

IMMUNOLOGIE. — *Sur une théorie de la constitution des anticorps.* Note [1] de M. **H. Vincent.**

Dans une publication précédente sur le processus de neutralisation des toxines microbiennes par l'orthosalicylate de sodium, j'ai montré que la toxine tétanique et l'ion salicylique présentent réciproquement une affinité énergique, affinité telle que l'union ainsi formée est difficilement réversible et que la toxine fixe ou retient sur elle-même un excédent notable d'ions salicyliques, dépassant de beaucoup la proportion nécessaire pour la neutraliser [2].

Ce phénomène peut être figuré comme il suit. Soit un complexe formé par la toxine T et le salicylate de sodium S. Ce complexe biologiquement neutre (non toxique) sera représenté par un noyau (TS) autour duquel viendront se grouper les ions S', S'', S'''..., en excédent. Mais, par raison d'équilibre, les derniers seront éventuellement susceptibles de s'en détacher s'ils sont mis en présence de nouvelles micelles de toxine neuve qui les attirent, ce que démontrent mes précédentes expériences.

Le groupement moléculaire $(TS) + S' + S'' + S'''$... se *comporte donc comme une antitoxine artificielle*, puisqu'il est capable de neutraliser une certaine quantité de toxine nouvelle par ses éléments S', S'', S'''... retenus autour du noyau TS et disponibles.

---

(1) Séance du 3 novembre 1931.

(2) H. Vincent, *Nouvelles recherches sur les cryptotoxines. Le phénomène de sursaturation des toxines par l'ion salicylique* (*Comptes rendus*, 193, 1931, p. 620).

Or un certain nombre de propriétés communes rapprochent les cryptotoxines des antitoxines. Comme les cryptotoxines les antitoxines forment avec leur toxine une union très solide. Dans l'un et dans l'autre cas l'adsorption réciproque n'est pas immédiate, mais exige un certain temps d'adaptation ([1]). D'autre part l'abaissement à 4,7 du pH, qui dissocie le complexe toxine-salicylate de sodium, produit la même dissociation de la toxine et de l'antitoxine (Morgenroth, Willanen et Ascher, de Potter). Calmette et Massol ont montré qu'en milieu acide, l'alcool agit pareillement sur le complexe venin-sérum antivenimeux. En conséquence, *comme dans les cryptotoxines, la toxine unie à l'antitoxine et neutralisée par elle, n'est pas détruite, elle est dissimulée.*

Il existe d'ailleurs d'autres raisons de rapprochement entre les cryptotoxines et les antitoxines. De même que le mélange strictement neutre de toxine et d'antitoxine tétaniques peut déterminer le tétanos chez les animaux affaiblis par une infection ou une intoxication microbienne (E. Roux), de même j'ai constaté que l'injection d'une cryptotoxine tétanique parfaitement inoffensive pour les cobayes témoins peut être suivie de l'apparition du tétanos chez les cobayes ayant reçu, quelques jours auparavant, de la toxine typhoïdique ou colibacillaire.

La loi des proportions relatives s'applique à l'union de la toxine tétanique et du salicylate de sodium, comme elle le fait dans le phénomène d'adsorption de l'antitoxine par la toxine. Elle se justifie, en particulier, par l'expérience de la neutralisation de doses supplémentaires et successives de toxine par le groupement neutre $(TS) + S' + S'' + S''' \ldots +$ ([2]). Cette expérience peut être rapprochée de celle d'Ehrlich. Les résultats constatés sont parallèles.

A la simplicité relative de l'union que contracte l'acide salicylique avec la toxine s'oppose évidemment la complexité de la structure du groupement moléculaire antigène-anticorps; mais ceci n'exclut pas l'hypothèse d'une analogie d'effets. Il ne paraît pas douteux aujourd'hui, à la suite des travaux que j'ai précédemment mentionnés et de ceux de Calmette (1895) sur la dissociation par la chaleur du venin et de son antivenin, de ceux de Wassermann sur celle de la toxine pyocyanique et de son antitoxine, des recherches d'Ostromuislenski (1915), de Hertzfeld et Klinger (1917-1918),

([1]) H. VINCENT, *Sur les propriétés générales des mélanges de toxine et d'antitoxine* (*C. R. de la Soc. de Biol.*, 62, 1907, p. 158).

([2]) H. VINCENT, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 620.

de Boissevain (1922), de Stradvomysloff et Kostromine (1923), de F. Vlès (1924), que les agrégats moléculaires spécifiques qui constituent les anticorps, résultent de la combinaison de l'antigène lui-même avec les éléments neutralisants ou « anti », de nature encore inconnue, élaborés par l'organisme vivant. En d'autres termes, le radical toxine entre dans la composition de l'anticorps et lui imprime sa spécificité. D'ailleurs cette spécificité, subordonnée, avant tout, à la nature de l'antigène, résulte aussi de la constitution physico-chimique des molécules qui forment les anticorps et qui diffèrent pour chacun des antigènes. Si T représente la toxine et A l'antitoxine, T communique au complexe TA sa spécificité primitive, chaque toxine sollicitant, pour sa part, pendant la phase de quelques jours nécessaire à l'élaboration de l'immunité, la formation d'un anticorps ayant sa formule propre qui ne s'ajuste pas à celle d'une autre toxine [1].

Les conséquences pouvant résulter des rapports constatés entre la toxine et l'acide salicylique dépassent donc, peut-être, le cadre de ces expériences. On peut se demander, en particulier, si, dans le complexe TA de toxine-antitoxine, ce groupement moléculaire fondamental ne se comporte pas comme le fait le complexe $(TS) + S' + S'' + S'''$.... C'est-à-dire qu'à chaque noyau de (TA) s'adjoindraient en surnombre des éléments anticorps A', A'', A'''..., très avides de la même toxine. Ces éléments prêts à se renouveler et à s'augmenter *in vivo* (saignée, inoculations réitérées), demeurent disponibles dans le sang [2] et capables, comme le fait le complexe toxine-salicylate de sodium, de fixer, puis de neutraliser une quantité nouvelle de toxine.

Dans cette conception l'antigène fait spécifiquement partie constituante de l'anticorps. Plus l'organisme recevra d'antigène, plus il se formera de molécules $(TA) + A' + A'' + A'''$.... Chaque agrégat de cette nature réalise un champ de forces et un véritable accumulateur d'énergie antitoxique,

---

(1) Les anticorps spécifiques et, plus spécialement, les antitoxines ne sont pas entièrement préformés *in vivo* puisque la première introduction d'une toxine n'est pas suivie de la production immédiate de son antitoxine. Ils semblent cependant se constituer par l'organisation et le groupement d'éléments normaux, à caractère colloïdal fondamental.

(2) On s'explique en particulier pourquoi l'injection excessive ou trop rapprochée de toxine, chez l'animal en immunisation, abaisse momentanément le taux préexistant d'anticorps; inversement, pourquoi, chez un animal immunisé, le sang renferme une proportion d'antitoxine considérablement supérieure à celle qui correspondrait à la neutralisation de la toxine totale reçue.

capable d'exercer sur les micelles toxiques nouvelles avec lesquelles il entre ou peut entrer en contact, une attraction moléculaire élective, puis une neutralisation active.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les inductances mutuelles de fuites magnétiques dans les transformateurs à plusieurs secondaires.* Note (¹) de M. **André Blondel.**

Pour les transformateurs ordinaires, on a introduit comme on le sait, en dehors des inductances propres et mutuelles L_1, L_2, M, considérées par Maxwell dans sa théorie des transformateurs, des inductances de fuites magnétiques l_1 et l_2 respectivement au primaire et au secondaire. En général on ne les considère que sous forme d'une inductance totale de fuites l_f rapportées au circuit primaire et qui est égale à σL_1 comme je l'ai montré pour le cas plus général des moteurs d'induction à l'arrêt. Ce coefficient l_f se déduit de l'essai classique en court circuit du secondaire en mesurant le courant primaire sous tension réduite.

Théoriquement on peut mesurer séparément l_1 et l_2 au moyen d'essais à vide. Par exemple, on peut connaître l_1, en déterminant la tension U_2 du circuit secondaire ouvert, tandis que le primaire est alimenté sous une tension U_1 et en mesurant le courant d'excitation I_0 et son angle de décalage de phase α, on a sensiblement, en introduisant le rapport des nombres de spires $\frac{n_1}{n_2}$,

$$U_1 - \frac{n_1}{n_2} U_2 = r_1 I_0 \cos\alpha + \omega l_1 I_0 \sin\alpha.$$

D'où

$$\omega l_1 = \frac{U_1 - \frac{n_1}{n_2} U_2 - r_1 I_0 \cos\alpha}{I_0 \sin\alpha}.$$

On a d'autre part (en négligeant la question de phase)

$$\omega M = \frac{U_2}{I_0}.$$

On déterminerait de même l_2. Mais la différence $U_1 - m U_2$ étant très petite, la précision de telles mesures est faible.

Si l'on considère maintenant le cas où le transformateur possède plusieurs

(¹) Séance du 19 octobre 1931.

secondaires, par exemple un circuit 2 et un circuit 3, les définitions précédentes deviennent insuffisantes, et il faut ajouter la considération d'inductances mutuelles de fuites, dont l'existence est mise en évidence par la présence d'une force électromotrice E aux bornes d'un des circuits secondaires (3) laissé ouvert pendant que l'autre (2) est en court circuit. Si l'on appelle n_1, n_2, n_3 les nombres de spires des trois enroulements r_1, r_2, r_3 leurs résistances, on peut considérer les impédances vectorielles globales

$$\overline{Z}_{12} = r_1 + \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 r_2 + j\omega\left[l_1 + \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 l_2\right] = Z_{12}\underline{|\ \gamma_2}$$

$$\overline{Z}_{13} = r_2 + \left(\frac{n_1}{n_3}\right)^2 r_3 + j\omega\left[l_2 + \left(\frac{n_1}{n_3}\right)^2 l_3\right] = Z_{13}\underline{|\ \gamma_3}$$

elles déterminent l'intensité et la phase des courants I_{c2} ou I_{c3} produits au primaire par le court circuit du circuit (2) ou (3) respectivement. Dans le premier cas, on mesurera aux bornes de (3) une force électromotrice

$$E_3 = j\omega m_3 I_{c2}$$

et dans le second cas, on obtiendra aux bornes de (2) une force électromotrice $\overline{E}_2 = j\omega m_3 I_{c3}$. Cela permet de connaître m_3 et m_2 que nous appelons inductances mutuelles de fuites.

Si les deux circuits secondaires sont disposés symétriquement, $m_2 = m_3$.

Quand un tel transformateur alimenté sous la tension normale $\overline{U}_2$ fournit des courants secondaires respectivement égaux à

$$\overline{I}_2 = I_2\underline{|-\varphi_2} \qquad \text{et} \qquad \overline{I}_3 = I_3\underline{|-\varphi_3},$$

on calculera aisément les chutes de tension aux bornes de (2) et (3) au moyen des coefficients définis et mesurés comme on vient de l'expliquer; car

$$(\overline{U}_2)_0 - \overline{U}_2 = \overline{Z}_{12}\overline{I}_2 + j\omega m_3 \overline{I}_3,$$
$$(U_3)_0 - U_3 = Z_{13} I_3 + j\omega m_2 I_2.$$

On en déduit le rapport

$$\frac{U_2}{(U_2)_0} = 1 - \overline{Z}_{12} I_2 - j\omega m_3 I_3,$$

et un rapport analogue pour $\frac{U_3}{(U_3)_0}$.

Ces rapports se lisent directement sur l'abaque des chutes de tension signalée dans ma dernière Note [1], en portant à partir de l'origine succes-

[1] *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 556.

sivement un vecteur $\frac{Z_{12}I_2}{(U_2)_0}$ faisant en avant de I_2 l'angle γ_2 puis un vecteur $\frac{\omega m_3 I_3}{(U_2)_0}$ décalé de $\frac{\pi}{2}$ en avant de I_3.

Si l'on appelle $(E_1)_0$ la force électromotrice primaire induite en circuit ouvert, et qu'on pose $\bar{k} = \frac{(\bar{E}_1)_0}{\bar{U}_1}$ les tensions aux bornes des circuits (2) et (3) ouverts sont respectivement

$$(\bar{U}_2)_0 = \frac{n_2}{n_1}\frac{\bar{U}_1}{\bar{k}} \quad \text{et} \quad (\bar{U}_3)_0 = \frac{n_3}{n_1}\frac{\bar{U}_1}{\bar{k}},$$

et les courants primaires équivalents à $\bar{I}_2$ et $\bar{I}_3$ sont respectivement de même

$$\bar{J}_2 = \frac{n_2}{n_1}\bar{k}\bar{I}_2 \quad \text{et} \quad \bar{J}_3 = \frac{n_3}{n_1}\bar{k}\bar{I}_3.$$

Ces expressions sont vectorielles, on a $\bar{k} = 1 + \bar{Z}_1\bar{Y}$ en appelant $\bar{Y}$ l'admittance du primaire $\bar{Y} = Y \underline{|-\beta}$, et l'argument de $\bar{k}$ est toujours assez faible pour être négligé, ce qui permet de remplacer $\bar{k}$ par son module k facile à calculer ou à mesurer, $\left(k = \frac{n_2}{n_1}\frac{U_1}{(U_2)_0}\right)$.

Le courant primaire total s'obtient donc en faisant la résultante des trois courants $YU_1 \underline{|-\beta}$; $J_2 \underline{|-\varphi_2}$; $J_3 \underline{|-\varphi_3}$.

On peut traiter de la même manière le problème d'un transformateur à n secondaires, en ajoutant vectoriellement pour chacun d'eux la chute de tension propre et les forces électromotrices induites par les fuites mutuelles des autres enroulements.

M. F. **Mesnil**, en présentant les deux volumes des *Comptes rendus du IIe Congrès international du Paludisme*, qui s'est tenu à Alger en mars 1930, s'exprime en ces termes :

L'Algérie a été choisie comme siège de ce Congrès (le premier s'est tenu à Rome en 1925) en raison du centenaire de l'établissement des Français (qui y ont tant souffert du paludisme) et aussi du cinquantième anniversaire de la découverte faite à Constantine par notre illustre confrère **A. Laveran** des hématozoaires des fièvres palustres. Le Congrès, présidé par mon collègue de l'Institut Pasteur E. Marchoux, membre de l'Aca-

démie de Médecine, a été suivi d'une instructive excursion dans la Mitidja où, depuis plus d'un quart de siècle, Edmond Sergent, Correspondant de l'Académie, et Étienne Sergent montrent comment il convient de lutter contre le paludisme.

Le Congrès terminé, une partie des congressistes se sont rendus à Constantine où a été évoquée, dans l'hôpital même où elle fut faite, la grande découverte de l'hématozoaire du paludisme, puis au village dénommé Laveran, sur la route de Batna à Timgad, où fut inauguré un monument encastrant le médaillon de notre confrère. J'ai eu l'honneur de présider ces cérémonies, où je représentais l'Académie.

Les secrétaires généraux du Congrès, les D[rs] Parrot et Catanéi, de l'Institut Pasteur d'Algérie, ont assumé la lourde charge de réunir tous les actes du Congrès dans les deux volumes édités à Alger que je présente; on trouvera à la fin du Tome II les discours prononcés à Constantine et au village de Laveran.

M. **Emm. de Margerie** présente la première livraison de l'*Atlas de France*, entrepris sous les auspices du Comité National de Géographie que préside M. **R. Bourgeois**, et avec le concours du Service Géographique de l'Armée et de la Société Française de Cartographie.

Ce fascicule-spécimen a été offert à tous les membres du Congrès International de Géographie qui vient de se tenir à Paris, du 16 au 24 septembre. Il renferme trois planches, destinées à mettre en évidence le caractère de la collection, pour laquelle une centaine de feuilles sont prévues :

Relief du sol. Feuille Sud-Ouest ($\frac{1}{1250000}$);
Densité de la population. Feuille Sud-Ouest ($\frac{1}{1250000}$);
Richesses minérales ($\frac{1}{2500000}$).

Ces trois cartes, imprimées en couleurs avec le plus grand soin, ont été établies d'après les minutes de MM. de Martonne, Demangeon et Cholley, professeurs à l'Université de Paris, Robert Perret, docteur ès lettres, et Jean Majorelle, ingénieur.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité de 43 suffrages. MM. **H. Le Chatelier** et **G. Urbain** sont réélus membres de la *Commission de contrôle de la circulation monétaire.*

CORRESPONDANCE.

Le **Secrétaire général du Fifth Pacific Science Congress**, qui devait avoir lieu en mai 1932, fait savoir que, en raison des conditions difficiles de l'heure présente, ce Congrès est reporté à l'année suivante; sa date sera fixée ultérieurement.

M. **M. Fontaine** adresse un Rapport relatif à l'emploi de la subvention accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1930.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° L. Potin. *Formules et Tables numériques concernant les Opérations financières. Le calcul numérique. Conseils sur l'art du calculateur.* (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

2° Jean Albert-Weil. *Les Poisons du bacille tuberculeux et les réactions cellulaires et humorales dans la Tuberculose. Esquisse d'une conception nouvelle des processus pathogéniques de la Tuberculose.* (Présenté par M. F. Mesnil.)

ARITHMÉTIQUE. — *Sur la distribution des entiers qui ne sont divisibles par aucun parmi les n plus petits nombres premiers.* Note de M. **Érik Westzynthius**, présentée par M. Hadamard.

1. Legendre [1] a énoncé un théorème qui, avec quelques changements de notation, peut être formulé ainsi :

---

[1] *Essai sur la théorie des nombres*, 2e édition, p. 404 (Paris 1808).

Soient $p_1, p_2, p_3, \ldots$ les nombres premiers dans leur ordre naturel et $\psi_1, \psi_2, \ldots, \psi_n$ des nombres premiers impairs choisis à volonté, et considérons d'autre part une série arithmétique $a+\mu b$ ($\mu = 1, 2, 3, \ldots$) où les entiers a et b sont premiers entre eux. Si dans cette série on prend p_n termes consécutifs quelconques, il y en aura toujours parmi ces termes au moins un qui ne sera divisible par aucun des nombres $\psi_1, \psi_2, \ldots, \psi_n$.

En admettant que le nombre 2 puisse aussi se trouver parmi les nombres premiers donnés $\psi_1, \psi_2, \ldots, \psi_n$, le théorème de Legendre prend cette forme :

Parmi $2p_{n-1}$ termes consécutifs de la série $a+\mu b$ il y en aura toujours au moins un qui n'est pas divisible par aucun parmi n nombres premiers choisis à volonté.

2. Le théorème de Legendre cependant n'est pas exact, comme le fit remarquer le premier A. Dupré dans un travail présenté à l'Académie des Sciences en 1858, à l'occasion d'une question mise au concours par l'Académie. Plus tard C. Moreau et A. Piltz ont constaté le même fait par des exemples numériques. Et tout récemment MM. A. Brauer et H. Zeitz [1] ont prouvé par un raisonnement rigoureux que le théorème en question est en défaut dès que n dépasse une certaine limite, en faisant voir que, pour $n \geqq 14$ ($p_n \geqq 43$) il existe toujours au moins $2p_{n-1}+1$ entiers consécutifs dont chacun est divisible par quelqu'un des nombres premiers $p_1, p_2, \ldots, p_n$. Et poussant leurs recherches plus loin, les auteurs cités ont abouti à ce résultat plus précis que, à tout nombre positif donné ε, il correspond un entier n_ε tel que, pour $n \geqq n_\varepsilon$, il y en a au moins

$$(4-\varepsilon)\,p_n$$

entiers consécutifs jouissant de la propriété énoncée.

3. Indépendamment de ces auteurs, nous avions été amené de notre côté à nous occuper de la question dont il s'agit. Il résulte de nos recherches que, dans le résultat cité ci-dessus de MM. Brauer et Zeitz, le nombre 4 peut être remplacé par nn nombre aussi grand qu'on voudra. De plus nous avons établi le théorème suivant, qui paraît être le résultat le plus précis que permet d'atteindre la méthode assez élémentaire dont nous nous sommes servi (C désigne la constante d'Euler) :

A tout nombre positif ε il correspond un entier positif n_ε tel que, dès

---

[1] *Ueber eine zahlentheoretische Behauptung von Legendre* (*Sitzungsberichte der Berliner Mathematischen Gesellschaft*, 29, 1930, p. 116).

que $n \geqq n_\varepsilon$, il y a au moins

$$(2-\varepsilon)e^{C}\frac{\log\log p_n}{\log\log\log p_n}p_n$$

entiers consécutifs dont chacun est divisible par quelqu'un des nombres p_1, $p_2, \ldots, p_n$.

Il s'ensuit ce corollaire :

Quelque petit qu'on se donne le nombre positif ε, l'inégalité

$$p_{n+1}-p_n > (2-\varepsilon)e^{C}\frac{\log\log\log p_n}{\log\log\log\log p_n}\log p_n$$

sera vérifiée pour une infinité de valeurs de n.

GÉOMÉTRIE. — *Sur diverses extensions de la notion de continu d'ordre borné.* Note [1] de M. A. **Marchaud**, présentée par M. Hadamard.

I. J'ai appelé continu d'ordre borné tout continu (borné) de l'espace euclidien à n dimensions rencontré en un nombre borné de points par toute multiplicité linéaire à $n-1$ dimensions. Un tel continu est nécessairement une courbe [2]. Cette conclusion subsiste si l'on fait sur le continu des hypothèses de même nature que la précédente, mais beaucoup moins restrictives.

Nous considérerons ici des continus bornés ou non de l'*espace euclidien projectif* à n dimensions.

Appelons *faisceau d'arête* ω un système de multiplicités linéaires à $n-1$ dimensions, ayant en commun la multiplicité linéaire à $n-2$ dimensions ω, à distance finie ou non. Un faisceau est *complet* s'il contient tout point de l'espace. L'expression faisceau *partout dense* s'entend d'elle-même.

On dira qu'un ensemble est d'*ordre borné*, d'ordre *fini* ou d'ordre *punctiforme* par rapport à un faisceau, si la section de l'ensemble par chaque multiplicité (à $n-1$ dimensions) du faisceau contient un nombre borné ou fini de points, ou bien est un ensemble punctiforme, c'est-à-dire ne renfermant aucun continu.

Ceci posé, on peut établir les propositions suivantes :

---

(1) Séance du 3 novembre 1931.

(2) A. Marchaud, *Sur les continus d'ordre borné* (*Comptes rendus*, 189, 1929, p. 16).

1. *Un continu d'ordre punctiforme par rapport à un faisceau complet est une courbe cantorienne* [1] (au sens de P. Urysohn).

2. *Si, de plus, le continu est d'ordre fini par rapport à un faisceau partout dense de même arête, c'est aussi une courbe de Jordan.*

3. *Un continu d'ordre fini par rapport à un faisceau complet est décomposable en une infinité dénombrable d'arcs simples tels que deux quelconques d'entre eux aient au plus un point commun, extrémité pour chacun d'eux, laquelle ne peut appartenir à un troisième.*

4. *Si un continu d'ordre borné par rapport à un faisceau complet n'a pas de point sur l'arête et possède seulement un nombre fini de points de ramification, il est la somme d'un nombre fini d'arcs simples n'ayant deux à deux en commun que des extrémités.*

Dans les trois derniers cas le continu se réduit à une courbe simple, s'il ne possède aucun point de ramification. (Un point O est dit point de ramification d'un continu, si l'on peut trouver sur lui trois arcs simples n'ayant deux à deux en commun que O.)

Il s'agit ici de courbes de Jordan, courbes simples, arcs simples *projectifs*. D'autre part les considérations de P. Urysohn s'étendent aisément aux points à l'infini de l'espace projectif.

J'avais obtenu des propositions analogues aux deux dernières en supposant le continu borné et d'ordre borné par rapport à n directions, c'est-à-dire, avec le langage adopté ici, d'ordre borné par rapport à n faisceaux complets dont les arêtes sont à l'infini sur les faces d'un n-èdre (système de n multiplicités linéaires à $n-1$ dimensions ayant un seul point commun, et à distance finie). Dans ce cas les arcs qui interviennent sont rectifiables. Il est bien évident qu'on ne peut aboutir à une telle conclusion en faisant des hypothèses sur un seul faisceau.

II. Pour obtenir des propriétés différentielles, il faut faire intervenir n faisceaux. Par exemple, pour $n=2$, un arc simple d'ordre fini par rapport à deux faisceaux complets possède une tangente *quasi partout*. Avant d'énoncer le théorème, qui généralise ce résultat pour n quelconque, précisons le sens de l'expression « quasi partout ».

Soit $\widehat{AB}$ un arc simple, image biunivoque et bicontinue d'un segment $\overline{ab}$. Je dirai qu'un ensemble de AB est de *mesure absolument nulle*, si son image sur $\overline{ab}$ a une mesure nulle quelle que soit la correspondance. Il serait inté-

[1] Si $n=2$, il suffit que le faisceau soit partout dense. Pour $n>2$ un continu d'ordre punctiforme par rapport à un faisceau partout dense peut contenir des surfaces.

ressant de déterminer la structure de ces ensembles. On montre aisément qu'un ensemble de mesure absolument nulle ne contient aucun sous-ensemble parfait, il est donc dénombrable s'il est fermé. (Comme exemple on peut citer l'ensemble des points où un arc rectifiable n'a pas de tangente.)

Lorsqu'une propriété est vérifiée en tout point d'un arc simple, sauf peut-être sur un ensemble de mesure absolument nulle, on dira qu'elle est satisfaite *quasi partout*.

Ce point précisé, considérons n multiplicités linéaires à $n-2$ dimensions, $\omega_1, \ldots, \omega_n$. L'ensemble des droites s'appuyant sur elles toutes est en général une multiplicité algébrique, de degré $n-1$, à $n-1$ dimensions, que je désignerai par $[\omega_i]$. Dans certains cas exceptionnels, que nous écarterons, l'ensemble précédent contient tout l'espace. Nous pouvons maintenant énoncer le théorème général annoncé.

5. *Soient $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n$, n multiplicités linéaires à $n-1$ dimensions, à distance finie ou non, telles que le lieu des droites s'appuyant sur elles toutes soit une multiplicité à $n-1$ dimensions $[\omega_i]$ et $\widehat{AB}$ un arc simple (projectif) d'ordre fini par rapport aux faisceaux complets d'arêtes ω_i, et sans point sur $[\omega_i]$.*

1° $\widehat{AB}$ *possède une tangente quasi partout (si l'ensemble des points où la tangente n'existe pas est fermé, il est dénombrable)* :

2° *Tout arc partiel de $\widehat{AB}$, à distance finie, contient un arc rectifiable et peut être remplacé par un arc simple rectifiable coïncidant avec lui, sauf peut-être sur une infinité dénombrable d'arcs partiels ouverts n'empiétant pas, dont les images, dans une correspondance arbitrairement donnée, ont une somme aussi petite qu'on veut ;*

3° *Si $\widehat{AB}$ est d'ordre borné par rapport aux faisceaux, toute partie de l'arc à distance finie est rectifiable.*

Lorsque $[\omega_i]$ se décompose en n multiplicités linéaires, l'arc possède une tangente quasi partout, même s'il a des points sur $[\omega_i]$. Ceci a toujours lieu pour $n=2$, car dans ce cas $[\omega_i]$ est une droite.

Un cas particulier du théorème précédent s'énonce ainsi :

6. *Une fonction continue $f(x)$, qui prend chacune de ses valeurs seulement un nombre fini de fois, possède une tangente quasi partout. On peut la modifier snr un ensemble ouvert de mesure aussi petite qu'on veut, de manière à obtenir une fonction continue à variation bornée.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur une proposition de Minkowski.* Note [1] de M. **J. Favard**, présentée par M. Hadamard.

Soient V_{111}, V_{112}, V_{122}, V_{222} les volumes et les volumes mixtes de deux corps convexes C_1 et C_2, de sorte que le volume du corps

$$x_1 C_1 + x_2 C_2 \qquad (x_1 + x_2 = 1, x_1 \geqq 0, x_2 \geqq 0)$$

de la série linéaire qu'ils engendrent soit

$$x_1^3 V_{111} + 3x_1^2 x_2 V_{112} + 3x_1 x_2^2 V_{122} + x_2^3 V_{222}.$$

Minkowski [2] a démontré que

$$V_{112}^2 \geqq V_{111} V_{122}, \tag{1}$$

$$V_{122}^2 \geqq V_{112} V_{222}. \tag{2}$$

Il a indiqué dans quels cas l'une des inégalités précédentes devient une égalité, mais les renseignements qu'il donne n'ont pas permis jusqu'ici de parfaire la démonstration. M'écartant de la voie suggérée par lui, j'ai pu parvenir au résultat dans le cas où les corps C_1 et C_2 sont tous les deux des polyèdres :

Pour que l'égalité (1) *ait lieu, il faut et il suffit que* C_1 *soit homothétique à* C_2 *ou à un corps de capuchon de* C_2.

Dans le cas général, j'ai pu montrer que, si

$$V_{111} = V_{112} = V_{122}, \tag{3}$$

en désignant par V_{123} le volume mixte de C_1 et de C_2 avec un corps convexe quelconque C_3, on a

$$V_{112} = V_{123},$$

ce qui entraîne

$$dS_{11} = dS_{12},$$

où dS_{11} désigne l'élément d'aire de la frontière de C_1 et dS_{12} l'élément correspondant de l'aire mixte de C_1 et C_2.

Dans le cas où C_1 et C_2 sont deux polyèdres je commence par démontrer que, si à chaque face de C_2 correspond une face ou une arête parallèle de C_1, il est nécessaire, pour que les égalités (3) aient lieu, que C_1 et C_2 soient superposables par translation. Je montre ensuite que, à tout

[1] Séance du 3 novembre 1931.

[2] Minkowski, *Œuvres*, 2, p. 258 et suiv.

polyèdre C_1, doit correspondre un corps de capuchon de C_2 dont les faces ou les arêtes sont parallèles aux faces de C_1.

Dans le cas où le corps C_2 est dégénéré en un disque convexe plan, le théorème de Minkowski fournit le résultat suivant, que l'on peut obtenir simplement par l'analyse :

Soit $f(x)$ une fonction de la variable réelle $x(0 \leqq x \leqq 1)$ non convexe et non négative, on a

$$\frac{3}{4}\int_0^1 f^2(x)\,dx \leqq \left[\int_0^1 f(x)\,dx\right]^2,$$

le signe d'égalité n'ayant lieu que pour les fonctions $f(x)$ telles que la courbe $y=f(x)$ soit composée de deux segments joignant les points 0 et 1 ou pour les fonctions limites de celles-ci :

$$y=ax \quad \text{et} \quad y=a(1-x) \quad (a>0).$$

On peut démontrer aussi que, quel que soit $p>1$, on a

$$\frac{p+1}{2^p}\int_0^1 f^p(x)\,dx \leqq \left[\int_0^1 f(x)\,dx\right]^p.$$

le signe d'égalité ayant lieu dans les mêmes conditions que ci-dessous :

Plus généralement soit $\varphi(t)$ une fonction non concave positive, intégrale d'une fonction monotone non décroissante, définie pour $0 \leqq m \leqq t \leqq M$; supposons que les fonctions non convexes $f(x)$ soient telles que $m \leqq f(x) \leqq M$, alors il existe un nombre $k(<1)$ tel que

$$k\int_0^1 \varphi[f(x)]\,dx \leqq \varphi\left[\int_0^1 f(x)\,dx\right].$$

Revenant aux corps convexes et supposant maintenant que C_3 est un corps bien déterminé, Minkowski a montré que

$$(4) \qquad V_{123}^2 \geqq V_{113}V_{223}.$$

J'ai pu améliorer cette inégalité : en désignant par σ_{ij} l'aire mixte des contours apparents de C_i et de C_j sur un plan perpendiculaire à une direction commune mais quelconque de projection, on a

$$V_{113}\sigma_{23}^2 - 2V_{123}\sigma_{23}\sigma_{13} + V_{223}\sigma_{13}^2 \leqq 0.$$

En particulier, en prenant pour C_3 une sphère et en désignant par S_{11} et S_{22} les aires des deux corps C_1 et C_2, par S_{12} leur aire mixte et par λ_1 et λ_2

les longueurs des contours apparents, on a

$$S_{11}\lambda_2^2 - 2S_{12}\lambda_2\lambda_1 + S_{22}\lambda_1^2 \leqq 0.$$

Le signe d'égalité n'a lieu dans (4) que si

$$\frac{\sigma_{13}}{\sigma_{23}} = \frac{V_{123}}{V_{223}} = \frac{V_{113}}{V_{123}} = \frac{V_{133}}{V_{233}} = \frac{V_{134}}{V_{234}},$$

en désignant par C_4 un corps quelconque; comme plus haut cette égalité entraîne que le rapport $\frac{dS_{13}}{dS_{23}}$ est constant.

La condition géométrique d'égalité paraît ici difficile à énoncer dans le cas général car, si C_3 se réduit à un segment de droite, l'égalité exprime seulement que les deux corps C_1 et C_2 ont des contours apparents homothétiques dans la direction du segment C_3.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Congruences paraboliques stratifiables : transformations des surfaces* R_0. Note (1) de M. S. **Finikoff**.

1. Deux congruences C et C_1 forment un *couple stratifiable* (2) si chacun de leurs rayons porte les points de ∞^1 surfaces Σ dont les plans tangents passent par le rayon correspondant de la seconde. J'ai examiné les congruences stratifiables à foyers distincts (*Comptes rendus*, 185, 1927, p. 376; *Rendiconti di Palermo*, 53, 1929, p. 313); *j'étudie ici les couples contenant des congruences paraboliques.*

2. La première congruence C est engendrée par les tangentes aux asymptotiques $v =$ const. de la surface (x), rapportée à son réseau asymptotique et déterminée par le système

$$x_{uu} = \beta x_v + px, \qquad x_{vv} = \gamma x_u + qx.$$

Le rayon homologue de C_1 est déterminé par les points (y) et (z),

$$y = \xi x + \eta x_u + x_v, \qquad z = \zeta x + \theta x_u + x_{uv}.$$

Les fonctions ξ, η, ζ, θ sont solutions du système

$$(1)\quad \left\{\begin{array}{ll} \xi_u = \xi\eta\beta - \eta p + \zeta, & \xi_v = \xi^2 + \eta\zeta - q + m, \\ \eta_u = \eta^2\beta - \xi + \theta, & \eta_v = \eta(\xi + \theta) - \gamma, \\ \zeta_u = \xi\theta\beta + \xi(\beta_v + p) - \theta p - \beta q - p_v + \beta m, & \zeta_v = \xi\zeta + \xi\beta\gamma + \zeta\theta - \gamma p - q_u, \\ \theta_u = -\zeta + \eta\theta\beta + \eta(\beta_v + p) - \beta\gamma, & \theta_v = \eta\zeta + \eta\beta\gamma + \theta^2 - \gamma_u - q + m, \end{array}\right.$$

(1) Séance du 3 novembre 1931.

(2) G. Fubini, *Annali di Matematica*, 4e série, 1, 1924, p. 241.

Si m est constant et si $(\log\beta)_{uv} = 0$, le système (1) est complètement intégrable et détermine la seconde congruence avec 5 constantes arbitraires (y compris m).

3. *La condition* $(\log\beta)_{uv} = 0$ *caractérise les surfaces* R_0 *qui forment avec les surfaces* R *de MM. Tzitzëica, Demoulin la classe des surfaces projectivement déformables.* La congruence C_1 est engendrée par les tangentes asymptotiques ($v =$ const.) de la surface (y) qui est aussi surface R_0 et correspond à la surface (x) par ses asymptotiques. *Les surfaces* (x), (y) *sont donc focales d'une congruence* K (*évidemment* W) *caractérisée par ce fait que le coefficient* β *de l'élément linéaire projectif de M. Fubini de l'une des focales est égal au coefficient homologue de la seconde.* Le système (1) détermine donc une transformation asymptotique des surfaces R_0.

4. Deux transformations (1) à constantes *m différentes* étant effectuées, il existe une seule surface (y') déduite par une transformation (1) soit de la première transformée (y_1), soit de la seconde (y_2). Si les constantes m sont *égales*, parmi les surfaces R_0 transformées de (y_1), aucune ne coïncide avec une surface R_0 transformée de (y_2), à moins que l'équation

$$(\xi_1 - \xi_2)(\theta_1 - \theta_2) - (\zeta_1 - \zeta_2)(\eta_1 - \eta_2) = 0 \tag{2}$$

ne soit vérifiée, *auquel cas il y en a une infinité.* Nous désignerons par les indices inférieurs 1 et 2 les quantités correspondant aux points (y_1) et (y_2). L'équation (2) montre que les tangentes asymptotiques $v =$ const. des surfaces (y_1) et (y_2) ont le point commun $t = (\eta_2 - \eta_1)z_1 - (\theta_2 - \theta_1)y_1$.

5. *Quelle que soit la surface transformée* (y), *il en existe une infinité à deux paramètres dont les tangentes asymptotiques* ($v =$ const.) *ont un point commun* (t); *les* ∞^2 *surfaces obtenues pour une même valeur de m se répartissent en* ∞^1 *faisceaux.* Les points homologues des surfaces d'un faisceau sont situés sur une droite (wy) dont le foyer unique est le point (w) où elle coupe la tangente asymptotique (xx_u). La droite (wy) touche sur la surface (w) l'asymptotique $v =$ const. Toutes les surfaces (w) sont les surfaces R_0 qui correspondent à la surface (x) par asymptotiques; elles sont aussi les surfaces Σ qui stratifient le couple (xx_u), (yy_u). La congruence (wy) forme un couple stratifiable parabolique avec la congruence (xy') dont les rayons touchent les asymptotiques $v =$ const. de la surface (t).

6. *Les quatre surfaces* (x), (w), (y), (t) *déterminent un quadrilatère gauche mobile dont les sommets décrivent ces surfaces, tandis que les arêtes touchent les asymptotiques* $v =$ const. Les arêtes opposées engendrent des

couples stratifiables paraboliques, les diagonales engendrent des congruences K dont les nappes focales sont les surfaces en jeu.

7. Si les tangentes des asymptotiques $u = \text{const.}$ des deux surfaces (x) et (y) forment également un couple stratifiable, les deux coefficients β et γ de l'élément linéaire projectif de chaque surface sont égaux aux homologues de l'autre et les surfaces sont projectivement applicables. La congruence (xy) appartient donc à la classe que j'ai examinée dans la Note du 18 mai 1931 (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1175).

ALGÈBRE. — *Nouvelle démonstration du théorème d'existence en théorie du corps de classes.* Note[1] de MM. **J. Herbrand** et **C. Chevalley**, présentée par M. Hadamard.

Nous nous proposons d'exposer le principe d'une nouvelle démonstration du théorème d'existence des corps de classes (dans le cas où le corps de base contient les racines l-ièmes de l'unité, et pour les sur-corps de degré l).

Soit k un corps de nombres algébriques contenant les racines l-ièmes de l'unité, l désignant un nombre premier. On désignera par K (affecté au besoin d'indices) des sur-corps relativement cycliques de degré l de k. On sait que :

Un corps K est corps de classes pour un groupe d'idéaux H de k dont le conducteur $\mathfrak{f}_{Kk}$ jouit des propriétés suivantes :

1° Ses facteurs premiers finis sont des idéaux ramifiés dans K;

2° Les idéaux $\mathfrak{p}$ premiers à l qui le divisent y apparaissent avec l'exposant 1;

3° Les idéaux $\mathfrak{l}$ diviseurs de l qui divisent $\mathfrak{f}_{Kk}$ y apparaissent avec un exposant $\leqq le_0 + 1$[2].

Nous désignerons par $\mathfrak{m}$ (affecté au besoin d'indices) des idéaux tels que :

1° Les idéaux premiers $\mathfrak{p}$ qui divisent $\mathfrak{m}$ y apparaissent avec l'exposant 1;

2° Les idéaux $\mathfrak{l}$ qui divisent $\mathfrak{m}$ y apparaissent avec l'exposant $e_0 l + 1$.

Nous dirons que deux idéaux $\mathfrak{m}$ sont complémentaires quand ils sont premiers entre eux et que tout idéal $\mathfrak{l}$ ainsi que tout idéal premier infini divisent au moins l'un d'eux.

$\mathfrak{m}_1$, $\mathfrak{m}_2$ désignant deux idéaux complémentaires, désignons :

---

(1) Séance du 3 novembre 1931.

(2) Pour un idéal $\mathfrak{l}$ qui intervient dans l avec l'exposant e on pose $e = e_0(l-1)$.

Par l^{r_1} le nombre des corps K tels que : 1° $\mathfrak{f}_{Kk}$ divise $\mathfrak{m}_1$; 2° les facteurs premiers de $\mathfrak{m}_2$ se décomposent dans K en idéaux premiers distincts du premier degré.

Par l^{s_1} le nombre des groupes d'idéaux H d'index l de k tels que : 1° H est définissable (mod $\mathfrak{m}_1$); 2° H contient les facteurs premiers de $\mathfrak{m}_2$.

Désignons par l^{r_2} et par l^{s_2} les nombres définis de la même manière que les précédents, mais en intervertissant les indices 1 et 2. On constate par certaines transformations de calcul que

$$r_1 - s_1 = s_2 - r_2. \tag{1}$$

Or il résulte du théorème réciproque que le premier membre est $\leqq 0$ et le second $\geqq 0$. Il en résulte que les deux membres sont nuls et par suite $r_1 = s_1$.

Soit alors donné un groupe d'idéaux quelconque H d'indice l, et dans ce groupe divers idéaux premiers $\mathfrak{p}$. Du théorème précédent résulte qu'il existe un corps de classe K pour H, dans lequel les idéaux $\mathfrak{p}$ se décomposent en idéaux premiers distincts du premier degré (il suffit de choisir deux idéaux $\mathfrak{m}$ complémentaires dont l'un est divisible par le conducteur de H et dont l'autre contient les idéaux $\mathfrak{p}$).

On démontre donc en même temps que le théorème d'existence, le théorème de décomposition des idéaux premiers du sous-corps qui exigeait dans la théorie de Takagi-Hasse une démonstration spéciale avec des idéaux auxiliaires.

Il faut encore établir que tous les idéaux premiers du discriminant divisent le conducteur. Pour les idéaux premiers à l, cela résulte tout de suite de la démonstration. Soit alors un groupe H de conducteur $\mathfrak{f}$. Soient $\mathfrak{l}_1, \mathfrak{l}_2, \ldots, \mathfrak{l}_{n_1}$ les idéaux $\mathfrak{l}$ contenus dans H ; $\mathfrak{l}_{n_1+1}, \ldots, \mathfrak{l}_{n_2}$ les idéaux $\mathfrak{l}$ divisant $\mathfrak{f}$; $\mathfrak{l}_{n_2+1}, \ldots, \mathfrak{l}_n$ les autres idéaux $\mathfrak{l}$. Soit $\mathfrak{f}$ le plus petit idéal de la catégorie des idéaux $\mathfrak{m}$ divisible par $\mathfrak{f}$ et contenant les idéaux $\mathfrak{l}_{n_2+1}, \ldots, \mathfrak{l}_n$. Le groupe H est définissable (mod $\mathfrak{f}$), et contient tous les idéaux $\mathfrak{l}$ qui ne figurent pas dans $\mathfrak{f}$. Donc il lui correspond un corps de classe K tel que le groupe associé à K (mod $\mathfrak{f}$) soit H. Donc le groupe associé à K (mod $\mathfrak{f}$) est H. Supposons que $\mathfrak{l}_{n_2+1}$ se ramifie dans K : on aurait $\mathfrak{l}_{n_2+1} = \mathrm{N}_{Kk}(\mathfrak{L})$, donc $\mathfrak{l}_{n_2+1}$ serait dans H, ce qui n'est pas.

Les auteurs ont trouvé simultanément et indépendamment le principe de la méthode précédente. Les calculs conduisant aux égalités (1) ont été menés par eux de manière différente. Ces calculs seront publiés ultérieurement.

CALCUL INTÉGRAL. — *Méthode d'intégration par arcs successifs permettant d'obtenir simplement, dans le calcul de l'arc élémentaire, une approximation aussi élevée qu'on le désire.* Note [1] de M. **H. Parodi**, présentée par M. d'Ocagne.

Les méthodes classiques d'intégration par arcs successifs permettent d'obtenir une approximation du troisième ordre par la considération de courbes osculatrices ou par application du théorème de la moyenne. Une approximation d'un ordre aussi élevé qu'on le désire peut être obtenue dans le calcul graphique ou analytique de l'arc élémentaire compris entre les ordonnées x_1 et $x_1+\Delta x$ en construisant à partir du point initial $M_1(x_1, y_1)$ les directions de 2, 3, ... droites ayant respectivement comme inclinaisons $y'(x_1)$, $y'(x_1+\xi\Delta x)$, $y'(x_1+\eta\Delta x)$, ..., les quantités ξ, η, ζ, ... étant des coefficients numériques pour le moment arbitraires.

Donnant des poids α, β, γ, ... à chacune de ces directions, nous déterminons une direction :

$$\operatorname{tang}\varphi = \frac{\alpha y'(x_1) + \beta y'(x_1+\xi\Delta x) + \gamma y'(x_1+\eta\Delta x) + \ldots}{\alpha+\beta+\gamma+\ldots}.$$

En choisissant convenablement les valeurs de α, β, γ, ..., ξ, η, ..., nous pourrons faire en sorte que le point d'intersection N_2 de la droite $y-y_1=(x-x_1)\operatorname{tang}\varphi$ avec l'ordonnée $x_1+\Delta x$ ne diffère du point M_2, intersection de l'intégrale exacte avec la même ordonnée, que de quantités d'ordre 3, 4, 5, 6, ... en Δx.

Pour que les n premiers termes du développement

$$y = y(x_1) + \frac{\Delta x}{1} y'(x_1) + \frac{\Delta x^2}{1.2} y''(x_1) + \ldots$$

soient les mêmes que pour les ordonnées des points N_2 et M_2, il faut qu'il existe entre les quantités α, β, γ, ..., ξ, η, ... les relations suivantes :

$$\beta\xi + \gamma\eta + \ldots = \frac{\alpha+\beta+\gamma+\ldots}{2},$$

$$\beta\xi^2 + \gamma\eta^2 + \ldots = \frac{\alpha+\beta+\gamma+\ldots}{3},$$

$$\beta\xi^3 + \gamma\eta^3 + \ldots = \frac{\alpha+\beta+\gamma+\ldots}{4},$$

....

[1] Séance du 26 octobre 1931.

Ce système d'équations peut être aisément résolu : avec deux directions de tangente on a une infinité de solutions pour une approximation du troisième ordre, une solution unique pour une approximation du quatrième ordre. Avec trois directions de tangente on a une infinité de solutions pour une approximation du cinquième ordre et une solution unique pour une approximation du sixième ordre et ainsi de suite.

Parmi les solutions de ce problème on peut mettre en évidence les solution remarquables suivantes :

Valeurs des paramètres.					
α.	β.	γ.	ξ.	.	
					Approximation du troisième ordre.
1	1	0	1	0	(1) $y = y_1 + \Delta x \dfrac{y'(x_1) + y'(x_1 + \Delta x)}{2}$ (théorème de la moyenne)
0	1	0	$\frac{1}{2}$	0	(2) $y = y_1 + \Delta x\, y'\left(x_1 + \dfrac{\Delta x}{2}\right)$
.....					.....
					Approximation du quatrième ordre.
1	3	0	$\frac{2}{3}$	0	(3) $y = y_1 + \Delta x \dfrac{y'(x_1) + 3y'\left(x_1 + \frac{2}{3}\Delta x\right)}{4}$
					Approximation du cinquième ordre.
1	1	4	1	$\frac{1}{2}$	(4) $y = y_1 + \Delta x \dfrac{y'(x_1) + y'(x_1 + \Delta x) + 4y'\left(x_1 + \frac{\Delta x}{2}\right)}{6}$
.....					.....
					Approximation du sixième ordre.
1	0,453	0,512	0,4558	0,8774	(5) $y = y_1 + \Delta x \dfrac{\left\{ \begin{array}{l} y'(x_1) + 0,453y'(x_1 + 0,4558\Delta x) \\ \quad + 0,512y'(x_1 + 0,877\Delta x) \end{array} \right\}}{1,965}$

Ces solutions correspondent à des constructions graphiques simples.

Pour le quatrième ordre, en menant de M_1 les droites correspondant aux valeurs de $y'(x)$ pour $x = x_1$ et $\left(x_1 + \frac{2}{3}\Delta x\right)$ et en divisant en quatre l'intervalle $\tau_1\tau_2$ délimité par ces droites sur l'ordonnée $x = x_1 + \Delta x$, le point N_2 cherché sera celui des trois points de divisions situé le plus près de τ_2.

Pour le cinquième ordre l'expression (4) s'écrit :

$$y = y_1 + \Delta x \frac{\dfrac{y'(x_1) + 2y'\left(x_1 + \frac{\Delta x}{2}\right)}{3} + \dfrac{y'(x_1 + \Delta x) + 2y'\left(x_1 + \frac{\Delta x}{2}\right)}{3}}{2}.$$

En traçant les trois directions définies par les valeurs de $y'(x)$ aux points x_1, $x_1+\frac{\Delta x}{2}$, $x_1+\Delta x$, on trouve trois points d'intersection τ_1, τ_2, τ_3 avec l'ordonnée $x=x_1+\Delta x$. En divisant en trois chacun des deux intervalles $\tau_1\tau_2$ et $\tau_2\tau_3$, on trouve deux points de divisions σ_1, σ_2 qui sont les plus près de τ_2. Le point N_2 correspondant à une approximation du cinquième ordre se trouve au milieu du segment $\sigma_1\sigma_2$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Problèmes de valeurs à la frontière dans le cas de données discontinues.* Note de M. **Georges Giraud**.

Étant donné une équation aux dérivées partielles du type elliptique

$$(1)\quad \Sigma_{\alpha,\beta}a_{\alpha,\beta}\frac{\partial^2 u}{\partial x_\alpha\,\partial x_\beta}+\Sigma_\alpha b_\alpha\frac{\partial u}{\partial x_\alpha}+cu=f \qquad (\alpha, \beta=1, 2, \ldots, m;\ a_{\alpha,\alpha}>0),$$

le cas où les fonctions b_α, c, f présenteraient certaines discontinuités peut être abordé par les méthodes déjà indiquées. Supposons par exemple que les $a_{\alpha,\beta}$ remplissent dans tout $\mathcal{D}+\mathcal{S}$ une condition de Hölder [1]. Soit $\mathcal{S}_1$ une certaine multiplicité située dans $\mathcal{D}$; on suppose que les coordonnées des points de $\mathcal{S}_1$ sont des fonctions de $m-1$ paramètres, dont les dérivées existent et sont lipschitziennes (au sens propre), et dont les déterminants fonctionnels ne s'annulent nulle part simultanément; on suppose qu'à deux systèmes différents de paramètres correspondent deux points différents, et que les points-frontières, s'il y en a, sont sur $\mathcal{S}$, cette dernière multiplicité satisfaisant aux hypothèses ordinaires. On suppose alors que les fonctions b_α, c, f sont continues en tout point de $\mathcal{D}-\mathcal{S}_1$ et qu'elles sont bornées. On peut alors se poser le problème de trouver une fonction u, continue dans $\mathcal{D}+\mathcal{S}$ et nulle sur $\mathcal{S}$, à dérivées continues en tout point de $\mathcal{D}$, et satisfaisant dans $\mathcal{D}-\mathcal{S}_1$ à l'équation (1) ou à la relation généralisée qui peut remplacer cette équation [2]. La solution s'obtient à peu près comme dans le cas déjà étudié: la seule différence est qu'on introduit la fonction de Green d'une opération différant du premier membre de (1) par les coefficients b_α et c, qu'on remplace par des fonctions continues, la dernière néga-

(1) Nom généralement adopté maintenant pour les conditions de Lipschitz généralisées, c'est-à-dire d'exposant quelconque. Pour les notations non expliquées ici, voir la Note des *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 353 à 355, et les publications antérieures qui y sont indiquées.

(2) Voir la Note citée ci-dessus.

tive ou nulle; on obtient encore une équation de Fredholm, qui donne toutes les solutions et chacune une seule fois ([1]).

Si l'on remplace la condition à la frontière par $\Theta u = \varphi$, la question se traite également sans difficulté. On peut en outre supposer que les fonctions ψ et φ, données sur la frontière, présentent des sauts brusques le long de certaines multiplicités et sont continues partout ailleurs : alors, à l'endroit d'un saut brusque, u reste continu, mais Θu se comporte d'une façon qui rappelle ce qui se passe pour le problème de Dirichlet harmonique dans le plan.

Pour le problème de Dirichlet, on peut aussi traiter le cas où les valeurs données sur $\mathcal{S}$ présenteraient des sauts brusques, mais le raisonnement utilise des hypothèses plus restreintes par ailleurs que ci-dessus.

Pour les deux sortes de données, la méthode permet aussi d'atteindre le cas où les fonctions b_α, c, f ne sont plus bornées, mais où les produits de ces fonctions par $s^{1-\lambda}$ sont bornés $(0 < \lambda < 1)$, s étant une fonction positive dans $\mathcal{D}$ et nulle sur $\mathcal{S}$, et dont les dérivées sont continues et ne s'annulent sur $\mathcal{S}$ nulle part ensemble. La théorie de Fredholm s'applique encore aux équations obtenues ([2]), et celles-ci continuent à donner toutes les solutions, et chacune une seule fois.

Mentionnons encore des questions d'une autre sorte qui peuvent aussi se traiter même quand les données présentent certaines discontinuités. Soient

$$\mathcal{F}(u, \lambda) = \Sigma_{\alpha,\beta} \frac{\partial}{\partial x_\beta}\left(a_{\alpha,\beta}\frac{\partial u}{\partial x_\alpha}\right) + cu + \lambda h u \qquad (a_{\alpha,\alpha} > 0, \quad c \leqq 0),$$
$$\Theta(u, \lambda) = \Sigma_{\alpha,\beta}\,\alpha_{\alpha,\beta}\,\varpi_\beta \frac{\partial u}{\partial x_\alpha} + \psi u + \lambda \omega u \qquad (\psi \geqq 0);$$

([1]) Dans la démonstration intervient le proposition suivante : *Si, les fonctions* b_α, c *et* f *étant continues et* $\mathcal{S}$ *satisfaisant aux hypothèses ici faites pour* $\mathcal{S}_1$, *on a* $c \leqq 0$ *et* $f \leqq 0$, *et si le minimum de la solution non constante* u *est négatif ou nul, et si, au point* X *de* $\mathcal{S}$ *où ce minimum est atteint, on forme le rapport* $t^{-1}[u(X) - u(Y)]$, *où* Y *se déduit de* X *en remplaçant* x_α *par* $x_\alpha - t\Sigma_\beta a_{\alpha,\beta}\,\varpi_\beta$ $(\alpha = 1, 2, \ldots, m)$, *ce rapport reste inférieur à un nombre négatif fixe dès que* t *est assez petit* (voir aussi MARCEL BRELOT, *Thèse*, Paris, 1931, p. 27 et 28). Cette proposition permet de démontrer que, si $c \leqq 0$ et $\psi \geqq 0$, le problème de Neumann homogène n'a que des solutions constantes, donc nulles si c ou ψ n'est pas identiquement nul (résultat déjà annoncé par M. Maurice Gevrey, *Journ. de Math.*, 9, 1930, p. 74 et 75).

([2]) L'entier p introduit dans ces équations (par exemple : *Ann. Éc. Norm.*, **47**, 1930, p. 245 à 265) peut être pris égal à un sans que la théorie de Fredholm cesse de s'appliquer (dans la Note des *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 498 à 500, on peut prendre $p = 0$).

c et ψ n'étant pas tous deux partout nuls. On demande pour quelles valeurs du paramètre λ il y a une fonction u non identiquement nulle telle que $\mathcal{F} = 0$ dans $\mathcal{D}$ et $\Theta = 0$ sur $\mathcal{S}$. On démontre qu'il y a toujours une infinité de telles valeurs de λ, toutes réelles, si h et ω ne sont pas ensemble identiquement nuls; si ces valeurs ne sont pas toutes négatives, à la plus petite λ_0 de celles qui sont positives ne correspond qu'une seule fonction u; si, en remplaçant la condition à la frontière par $u = 0$, on a pour le paramètre des valeurs analogues positives, λ_0 existe et est inférieur à la plus petite de celles-ci.

Si la condition à la frontière est $u = 0$, il y a aussi une infinité de valeurs de λ, toutes réelles, sauf si h est partout nul. De plus, on peut affirmer que, si $\mathcal{D}'$ est compris dans $\mathcal{D}$, la plus petite valeur positive de λ correspondant à $\mathcal{D}$ est plus petite que la plus petite valeur positive correspondant à $\mathcal{D}'$ (¹); à cette plus petite valeur positive correspond une seule fonction u.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *La construction de la matrice intégrale normale d'un système d'équations différentielles linéaires dans le voisinage d'un pôle de ses coefficients.* Note (²) de M. **J. A. Lappo-Danilevski**, présentée par M. Hadamard (³).

Le système en question peut être mis au moyen de matrices sous la forme

$$\frac{dY}{dx} = Y \sum_{p=-s}^{\infty} T_p x^p, \tag{1}$$

où les éléments des matrices T_p sont indépendants de x. L'étude du système (1) est liée à la théorie des fonctions analytiques d'un ensemble dénombrable de matrices, et nous commençons par un théorème de cette théorie qui joue un rôle essentiel dans la suite :

Théorème I. — Soient X_p $(p = 1, 2, \ldots)$ *des matrices d'ordre n et* $\alpha_{p_1 p_2 \ldots p_\nu}$ $(p_s = 1, 2, \ldots; \nu = 1, 2, \ldots)$ *des nombres. Supposons que, pour une valeur donnée de* ν, *les nombres* $\alpha_{p_1 p_2 \ldots p_\nu}$ *sont bornés en module et soit* $|\alpha_{p_1 p_2 \ldots p_\nu}| \leqq \alpha^{(\nu)}$.

(¹) Léon Lichtenstein, *Vorlesungen über einige Klassen nichtlinearer Integralgleichungen und Integrodifferentialgleichungen*, Berlin, 1931, p. 102.

(²) Séance du 3 novembre 1931.

(³) Cette Note a été trouvée dans les papiers de M. Danilevski, récemment décédé.
E. P.

Supposons encore que le rayon de convergence de la série

$$\sum_{\nu=1}^{\infty} \alpha^{|\nu|}\xi^{\nu} \tag{2}$$

est positif et désignons ce rayon par $n\rho$. *Sous ces conditions, la série*

$$\sum_{\nu=1}^{\infty} \sum_{p_1,\ldots,p_\nu=1}^{\infty} |X_{p_1}| \ldots |X_{p_\nu}| \, |\alpha_{p_1\ldots p_\nu}| \tag{3}$$

sera convergente dans le domaine

$$\sum_{p=1}^{\infty} |X_p| < \|\rho\|. \tag{4}$$

Dans ce cas nous dirons que la série des combinaisons

$$\sum_{\nu=1}^{\infty} \sum_{p_1,\ldots,p_\nu=1}^{\infty} X_{p_1} \ldots X_{p_\nu} \alpha_{p_1\ldots p_\nu} \tag{5}$$

est une fonction de X_p également holomorphe dans le voisinage (4). Si la série (2) est fonction entière de ξ, la série (3) converge sous la condition de la convergence de la série

$$\sum_{p=1}^{\infty} |X_p|,$$

et dans ce cas nous dirons que (5) est une fonction également entière. Remarquons que $|X|$ est la matrice dont les éléments sont les modules des éléments de la matrice X et $\|\rho\|$ est la matrice aux éléments

$$X_{ik} = X_{kk} = \rho \qquad (i, k = 1, 2, \ldots, n).$$

La théorie des fonctions également holomorphes de la forme (5) est analogue à la théorie des fonctions d'un nombre fini de matrices développée par l'auteur dans ses Mémoires précédents [1].

Soit $Y_b(x)$ la matrice intégrale du système (1) normale au point b, c'est-à-dire se réduisant à la matrice unité I pour $x = b$.

Théorème II. — *Si les points* b *et* x *satisfont aux inégalités* $0 < |b|$ *et*

---

[1] *Recueil Math. de la Société math. de Moscou*, 34, II, 1927, p. 113-148; *Journal de la Société math. de Leningrad*, 2, I, 1928, p. 94-120.

$|x| < 1$, *la matrice* $Y_b(x)$ *est la fonction également entière des matrices* T_p *représentable par le développement*

$$(6)\qquad Y_b(x) = I + \sum_{\nu=1}^{\infty} \sum_{p_1,\ldots,p_\nu=-s}^{\infty} T_{p_1}\ldots T_{p_\nu} \sum_{\mu=0}^{\nu} b^{p_1+\ldots+p_\mu+\mu} x^{p_{\mu+1}+\ldots+p_\nu+\nu-\mu} \times \sum_{\lambda=0}^{\mu} \overset{*}{\alpha}{}^{(\lambda)}_{p_1\ldots p_\mu} \log^\lambda b \sum_{i=0}^{\nu-\mu} \alpha^{(i)}_{p_{\mu+1}\ldots p_\nu} \log^i x,$$

où les coefficients α *et* $\overset{*}{\alpha}$ *sont définis par les relations de récurrence :*

$$\alpha^{(0)}_{p_1} = \frac{1}{p_1+1}; \qquad \overset{*}{\alpha}{}^{(0)}_{p_1} = \frac{1}{p_1+1} \qquad (\text{si } p_1+1 \neq 0);$$

$$\alpha^{(1)}_{p_1} = \begin{cases} 0 \text{ si } p_1+1 \neq 0 \\ 1 \text{ si } p_1+1 = 0 \end{cases}; \qquad \overset{*}{\alpha}{}^{(1)}_{p_1} = \begin{cases} 0 \text{ si } p_1+1 \neq 0 \\ 1 \text{ si } p_1+1 = 0 \end{cases};$$

$$\alpha^{(\nu)}_{p_1\ldots p_\nu} = 0;$$

$$\alpha^{(\mu)}_{p_1\ldots p_\nu} = \frac{1}{p_1+\ldots+p_\nu+\nu}\Big[\alpha^{(\mu)}_{p_1\ldots p_{\nu-1}} - \frac{\mu+1}{p_1+\ldots+p_\nu+\nu}\alpha^{(\mu+1)}_{p_1\ldots p_{\nu-1}} + \frac{(\mu+1)(\mu+2)}{(p_1+\ldots+p_\nu+\nu)^2}\alpha^{(\mu+2)}_{p_1\ldots p_{\nu-1}} - \ldots + (-1)^{\nu-\mu-1}\frac{(\mu+1)(\mu+2)\ldots(\nu-1)}{(p_1+\ldots+p_\nu+\nu)^{\nu-\mu-1}}\alpha^{(\nu-1)}_{p_1\ldots p_{\nu-1}}\Big];$$

$$\overset{*}{\alpha}{}^{(\nu)}_{p_1\ldots p_\nu} = 0;$$

$$\overset{*}{\alpha}{}^{(\mu)}_{p_1\ldots p_\nu} = \frac{-1}{p_1+\ldots+p_\nu+\nu}\Big[\overset{*}{\alpha}{}^{(\mu)}_{p_2\ldots p_\nu} - \frac{\mu+1}{p_1+\ldots+p_\nu+\nu}\overset{*}{\alpha}{}^{(\mu+1)}_{p_2\ldots p_\nu} + \frac{(\mu+1)(\mu+2)}{(p_1+\ldots+p_\nu+\nu)^2}\overset{*}{\alpha}{}^{(\mu+2)}_{p_2\ldots p_\nu} - \ldots + (-1)^{\nu-\mu-1}\frac{(\mu+1)(\mu+2)\ldots(\nu-1)}{(p_1+\ldots+p_\nu+\nu)^{\nu-\mu-1}}\overset{*}{\alpha}{}^{(\nu-1)}_{p_2\ldots p_\nu}\Big]$$

$$(\mu = \nu-1,\ \nu-2,\ \ldots,\ 1,\ 0 \text{ et } p_1+\ldots+p_\nu+\nu \neq 0);$$

$$\alpha^{(\mu)}_{p_1\ldots p_\nu} = \frac{1}{\mu}\alpha^{(\mu-1)}_{p_1\ldots p_{\nu-1}}; \qquad \overset{*}{\alpha}{}^{(\mu)}_{p_1\ldots p_\nu} = -\frac{1}{\mu}\overset{*}{\alpha}{}^{(\mu-1)}_{p_2\ldots p_\nu}$$

$$(\mu = \nu,\ \nu-1,\ \ldots,\ 1 \text{ et } p_1+\ldots+p_\nu+\nu = 0),$$

et les coefficients $\alpha^{(0)}_{p_1\ldots p_\nu}$ *et* $\overset{*}{\alpha}{}^{(0)}_{p_1\ldots p_\nu}$ *dans le cas* $p_1+\ldots+p_\nu+\nu = 0$ *doivent seulement satisfaire à la condition*

$$\sum_{\mu=0}^{\nu} \overset{*}{\alpha}{}^{(0)}_{p_1\ldots p_\mu} \alpha^{(0)}_{p_{\mu+1}\ldots p_\nu} = \alpha^{(0)}_{p_1\ldots p_\nu} + \alpha^{(0)}_{p_2\ldots p_\nu}\overset{*}{\alpha}{}^{(0)}_{p_1} + \ldots + \overset{*}{\alpha}{}^{(0)}_{p_1\ldots p_\nu} = 0.$$

Il nous sera utile dans la suite de prendre $\alpha^{(0)}_{p_1\ldots p_\nu} = 0$ pour $p_1+\ldots+p_\nu+\nu = 0$.

La matrice $Y_b(x)$ subit du côté gauche la « substitution intégrale » $U(b)$, quand x décrit un circuit entourant le pôle $x = 0$.

THÉORÈME III. — *Les substitutions* $V(b)^k (k = \pm 1, \pm 2, \ldots)$ *sont des fonctions également entières des matrices* T_p *représentables par les développements*

$$(7) \qquad V(b)^k = I + \sum_{\nu=1}^{\infty} \sum_{p_1, \ldots, p_\nu = -s}^{\infty} T_{p_1} \ldots T_{p_\nu} b^{p_1 + \ldots + p_\nu + \nu} \sum_{\mu=0}^{\nu}{}^{*} \alpha^{0}_{p_1 \ldots p_\mu} \sum_{h=0}^{\nu-\mu} \alpha^{h}_{p_{\mu+1} \ldots p_\nu} (2k\pi i)^h$$

Remarquons encore que si le rayon de convergence de la séric

$$\sum_{p=-s}^{\infty} T_p x^p$$

est égal à R, les développements (6) et (7) seront absolument convergents au sens du théorème I pour $0 < |b|$ et $|x| < R$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété générale des ensembles minimaux de M. Birkhoff.* Note [1] de M. **A. Markoff**, présentée par M. Hadamard.

Soient R un espace topologique, régulier à système déterminant dénombrable [2], $\{\varphi_t\}_{-\infty < t < \infty}$ un groupe continu monoparamétrique de transformations topologiques de l'espace R en lui-même, c'est-à-dire un système de telles transformations φ_t, jouissant des propriétés suivantes : 1° $\varphi_t x$ [3] est une fonction continue du paramètre réel t et du point x de l'espace R ; 2° on a identiquement $\varphi_u \varphi_v x \equiv \varphi_{u+v} x$.

Nous dirons que l'ensemble A contenu dans R est *invariant* (par rapport au groupe considéré) lorsque chaque φ_t le transforme en lui-même. Nous dirons que A est un ensemble *minimal* lorsqu'il est irréductible par rapport à la propriété d'être invariant, compact en soi et non vide.

---

(1) Séance du 3 novembre 1931.

(2) Pour les définitions de ces notions, voir par exemple : P. Alexandroff et P. Urysohn, *Mémoire sur les espaces topologiques compacts* (*Verh. K. Akad. Wetens. Amsterdam, Afd. Nat.*, 14, 1, 1929, p. 1 et 5).

(3) $\varphi_t x$ désigne l'image du point x correspondant à la transformation φ_t. A étant un ensemble φ_tA désigne l'ensemble d'images de ses points correspondant à φ_t ; $\overline{A}$ désigne la fermeture de l'ensemble A ; dim A = la dimension de A.

On voit que la dernière notion est une généralisation naturelle d'une notion importante due à M. Birkhoff, se rattachant au cas où R est un domaine euclidien n dimensionnel ([1]) ou bien une multiplicité fermée à n dimensions ([2]), le groupe $\{\varphi_t\}$ étant déterminé par un système de n équations différentielles ordinaires.

Malgré leur importance évidente pour l'étude qualitative des solutions des systèmes différentiels, et en particulier pour la théorie qualitative des mouvements des systèmes dynamiques, les ensembles minimaux ont été très peu étudiés. On doit à M. Birkhoff le théorème général d'existence de ces ensembles ([3]), quelques autres théorèmes importants ([4]) et un exemple intéressant d'un ensemble minimal non localement connexe ([5]). Les qualités les plus essentielles de ces ensembles : leur nature topologique en général, leur structure dimensionnelle, leurs propriétés combinatoires, tout cela constitue aujourd'hui un domaine tout à fait inexploré.

Dans cette Note nous allons établir la propriété suivante des ensembles minimaux concernant leur structure au point de vue de la théorie de dimension de MM. Brouwer, Urysohn et Menger :

Un ensemble minimal de dimension finie et positive est toujours une multiplicité cantorienne (cette dernière notion a été introduite par P. Uryshon dans son *Mémoire sur les multiplicités cantoriennes* (*Fund. Math.*, 7, 1925, p. 30-137; 8, 1928, p. 225-259; *Verh. K. Akad. Wet. Amsterdam*, 1927). Voir spécialement *Fund. Math.*, 7, p. 124.

Soit F un ensemble invariant, compact en soi, de dimension finie $n > 0$. Admettons que cet ensemble n'est pas une multiplicité cantorienne et montrons qu'alors il n'est pas minimal.

Remarquons d'abord qu'en vertu de notre hypothèse il existe deux ensembles fermés F_1 et F_2, satisfaisant aux conditions

$$(1) \qquad F_1 + F_2 = F, \qquad F_1 \neq F \neq F_2, \qquad \dim(F_1 F_2) \leqq n - 2.$$

D'après un théorème de MM. Hurevicz et Menger (K. Menger, *Dimen-*

([1]) G. D. Birkhoff, *Quelques théorèmes sur les mouvements des systèmes dynamiques* (*Bull. Soc. math. France*, 40, 1912, p. 303-323).

([2]) G. D. Birkhoff, *Dynamical Systems*, New-York, 1927, Chap. VII.

([3]) Ce théorème peut être formulé comme il suit : chaque ensemble invariant, compact en soi et non vide, contient un ensemble minimal. Cf. *loc. cit.* ([1]), p. 314; *loc. cit.* ([2]), p. 200.

([4]) *Loc. cit.* ([1]), p. 312-316; *loc. cit.* ([2]), p. 199-201.

([5]) *Loc. cit.* ([1]), p. 318-323.

sionstheorie, Leipzig und Berlin, 1928, p. 217-221), F contient une multiplicité cantorienne n-dimensionnelle. Soient M une telle multiplicité, t un nombre réel quelconque. L'ensemble $\varphi_t M$ homéomorphe à M, étant aussi une multiplicité cantorienne n-dimensionnelle, on a une des inclusions $\varphi_t M \subset F_i (i = 1, 2)$, autrement l'ensemble

$$\varphi_t M - (F_1 F_2) = (\varphi_t M - F_1) + (\varphi_t M - F_2)$$

ne serait pas connexe, ce qui est impossible en vertu de (1).

Soit A_i l'ensemble des valeurs de t pour lesquelles on a $\varphi_t M \subset F_i$. On voit alors sans peine que les A_i sont fermés. Nous avons déjà vu qu'on a

$$\mathcal{E} = A_1 + A_2,$$

$\mathcal{E}$ désignant la droite des nombres réels. Les ensembles A_i sont en outre disjoints, car dans le cas contraire il existerait une valeur de t pour laquelle l'ensemble n-dimensionnel $\varphi_t M$ serait contenu dans l'ensemble $n-2$-dimensionnel au plus $F_1 F_2$.

Il en résulte qu'un des ensemble A_i, soit A_1, coïncide avec $\mathcal{E}$, ce qui donne

$$\varphi_t M \subset F_1 \qquad (-\infty < t < \infty),$$

d'où

$$\overline{\sum_{t \in \varepsilon} \varphi_t M} \subset F_1. \tag{2}$$

Le premier membre de l'inclusion (2) étant manifestement un ensemble invariant, compact en soi, non vide et F_1 étant un vrai sous-ensemble de F, il s'ensuit que F n'est pas un ensemble minimal. C. Q. F. D.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques équations aux dérivées partielles.* Note [1] de M. **Jacques Devisme**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Nous nous proposons d'étudier quelques propriétés des équations aux dérivées partielles $\frac{\partial^r U}{\partial u_1 \partial u_2 \ldots \partial u_r} = 0$ et de quelques autres qui s'y ramènent.

Posons

$$\Delta_r U = \frac{\partial^r U}{\partial u_1 \partial u_2 \ldots \partial u_r}, \qquad \Delta_r^m U = \frac{\partial^{mr} U}{\partial u_1^m \partial u_2^m \ldots \partial u_r^m},$$

(1) Séance du 3 décembre 1931.

et cherchons les intégrales des équations

$$\Delta_r U = 0, \tag{1}$$
$$\Delta_r^m U = 0, \tag{2}$$

qui ne dépendent que du produit $p_r = u_1 u_2 \ldots u_r$.

Un calcul simple fournit pour l'équation (1) les intégrales

$$\operatorname{Log} p_r, \quad \operatorname{Log}^2 p_r, \quad \ldots, \quad \operatorname{Log}^{r-1} p_r,$$

et pour l'équation (2) les intégrales

$$p_r^i \operatorname{Log}^j p_r \qquad (i = 0, \ldots, m-1; j = 0, \ldots, r-1).$$

Ce résultat est particulièrement intéressant quand on effectue sur les u_i une transformation opérant de la même façon sur p_r et sur $\Delta_r U$. Donnons comme exemples à ce sujet l'équation de Laplace à deux dimensions ou encore l'équation de M. P. Humbert (¹). Nous reviendrons prochainement sur ce point.

2. Proposons-nous maintenant de généraliser la formule de Green. Pour éviter les complications d'indices, nous ne donnerons les résultats que dans le cas de trois variables et nous poserons

$$\Delta U = \frac{\partial^3 U}{\partial u\, \partial v\, \partial w}, \qquad \Delta^m U = \frac{\partial^{3m} U}{\partial u^m\, \partial v^m\, \partial u^m}, \qquad \Delta^0 U = U, \qquad p = uvw,$$
$$\mathbf{S} \frac{\partial^2 U}{\partial v\, \partial w} dv\, dw = \mathfrak{A}(U)\, d\sigma, \qquad \mathbf{S} \frac{\partial V}{\partial v} \frac{\partial U}{\partial w} dv\, dw = \mathfrak{B}(V, U)\, d\sigma.$$

De l'égalité

$$3[V \Delta U + U \Delta V] = \mathbf{S} \frac{\partial}{\partial u}\left[V \frac{\partial^2 U}{\partial v\, \partial w} - \frac{\partial V}{\partial v} \frac{\partial U}{\partial w} + \frac{\partial^2 V}{\partial v\, \partial w} U\right],$$

on déduit aisément la relation cherchée

$$3 \int\!\!\int\!\!\int_D [V \Delta U + U \Delta V]\, d\tau = \int\!\!\int_\Sigma [V \mathfrak{A}(U) + U \mathfrak{A}(V) - \mathfrak{B}(V, U)]\, d\sigma.$$

En faisant $V = 1$, $\operatorname{Log} p$, $\operatorname{Log}^2 p$, on obtiendra une série d'identités que vérifie toute intégrale U de $\Delta U = 0$ sur une surface fermée Σ.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, ceci se généraliserait en calculant d'une façon générale la quantité

$$V \Delta_r U - (-1)^r U \Delta_r V.$$

(¹) P. Humbert, *Sur une généralisation de l'équation de Laplace* (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 8, 1920, p. 145).

Remarque. — En utilisant les notations de M. P. Humbert, qui sont le plus souvent très avantageuses nous verrions apparaître les groupements

$$\mathrm{S}\left[\frac{\partial^2 U}{\partial x^2}-\frac{\partial^2 U}{\partial y\,\partial z}\right]dy\,dz,\quad \mathrm{S}\left[\frac{\partial V}{\partial x}\frac{\partial U}{\partial x}-\frac{\partial V}{\partial y}\frac{\partial U}{\partial z}\right]dy\,dz.$$

3. Généralisons maintenant quelques résultats récents de M. M. Ghermanesco (¹). En conservant les notations du paragraphe 2, nous avons

$$3(\Delta^i V\,\Delta^k U+\Delta^{i+1}V\,\Delta^{k-1}U)=\mathrm{S}\frac{\partial}{\partial u}\left[\Delta^i V\frac{\partial^2\Delta^{k-1}U}{\partial v\,\partial w}-\frac{\partial\Delta^i V}{\partial v}\frac{\partial\Delta^{k-1}U}{\partial w}+\frac{\partial^2\Delta^i V}{\partial v\,\partial w}\Delta^{k-1}U\right]$$
$$=\mathrm{S}\frac{\partial}{\partial u}X(\Delta^i V,\Delta^{k-1}U),$$

d'où

$$3(\Delta^i V\,\Delta^k U\pm\Delta^i U\,\Delta^k V)+(\Delta^{i+1}V\,\Delta^{k+1}U\pm\Delta^{i+1}U\,\Delta^{k-1}V)]$$
$$=\mathrm{S}\frac{\partial}{\partial u}[X(\Delta^i V,\Delta^{k-1}U)\pm X(\Delta^i U,\Delta^{k-1}V)].$$

En faisant des combinaisons linéaires convenables, et en intégrant dans tout un domaine D de frontière Σ, on est amené aux relations suivantes :

$$3\int\!\!\int\!\!\int_D[V\Delta^{2m}U-U\Delta^{2m}V]d\tau$$
$$=\int\!\!\int_\Sigma\left\{\sum_{k=1}^{2m}(-1)^k[\Delta^{2m-k}V\,\mathfrak{A}(\Delta^{k-1}U)-\Delta^{2m-k}U\,\mathfrak{A}(\Delta^{k-1}V)]\right.$$
$$\left.-\sum_{k=1}^{m}(-1)^k[\mathfrak{B}(\Delta^{2m-k}V,\Delta^{k-1}U)-\mathfrak{B}(\Delta^{2m-k}U,\Delta^{k-1}V)]\right\}d\sigma,$$

$$3\int\!\!\int\!\!\int_D[V\Delta^{2m+1}U+U\Delta^{2m+1}V]d\tau$$
$$=\int\!\!\int_\Sigma\left\{\sum_{k=0}^{2m}(-1)^k[\Delta^{2m-k}V\,\mathfrak{A}(\Delta^k U)-\Delta^{2m-k}U\,\mathfrak{A}(\Delta^k V)]\right.$$
$$-\sum_{k=0}^{m}(-1)^k[\mathfrak{B}(\Delta^{2m-k}V,\Delta^k U)-\mathfrak{B}(\Delta^{2m-k}U,\Delta^k V)]$$
$$\left.-\frac{(-1)^m}{2}[\mathfrak{B}(\Delta^m V,\Delta^m U)-\mathfrak{B}(\Delta^m U,\Delta^m V)]\right\}d\sigma.$$

En faisant $V=p^i\,\mathrm{Log}^j p$, on obtiendra une série d'identités que vérifie toute intégrale U de $\Delta^n U=0$ sur une surface fermée Σ.

(¹) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 477.

On généraliserait aisément ces résultats; il est toutefois remarquable de constater que la parité de r influe sur leur allure; c'est ainsi, par exemple, que lorsque l'on considère des expressions telles que

$$\varpi_n^r(\lambda, U) = \Delta_r^n U + \lambda_1 \Delta_r^{n-1} U + \ldots + \lambda_n U,$$

on est obligé, lorsque r est impair, d'introduire l'expression :

$$\overline{\varpi_n^r(\lambda; U)} = (-1)^n \Delta_r^n U + (-1)^{n-1} \lambda_1 \Delta_r^{n-1} U + \ldots + \lambda_n U,$$

pour pouvoir utiliser les formules analogues à celles écrites plus haut.

Signalons pour terminer que cette Note a été rédigée sans ignorer le Mémoire de M. Th. De Donder (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 7, 1928, p. 173).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un théorème de Wiman.* Note (¹) de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Hadamard.

Je voudrais donner une démonstration simple et rapide d'un théorème de Wiman sur les fonctions entières de genre zéro.

Soit $F(z)$ une telle fonction vérifiant $F(0) = 1$. Soient $\mu(r)$ et $M(r)$ respectivement le minimum et le maximum de $|F(z)|$ pour $|z| = r$. Le cas où $F(z) = Az^m F_1(z)$ avec $F_1(0) = 1$ se prêterait à l'application de la formule ci-après, sinon pour toute valeur de r, du moins à partir d'une certaine valeur positive de r, indépendante de $F_1(z)$.

Généralement, si $a_1, \ldots, a_n, \ldots$ sont les zéros de $F(z)$, avec $|a_n| = r_n$, supposons que la série $\sum \frac{1}{r_n^\alpha}$ est convergente ($0 < \alpha < 1$).

Posant

$$\theta(x) = \log|1 - x| - \cos\pi\alpha \log(1 + x),$$

considérons l'intégrale

$$\psi(x) = \int_x^\infty \frac{\theta(x)}{x^{1+\alpha}} dx.$$

D'après

$$\int_0^\infty \log|1 - x| \frac{dx}{x^{1+\alpha}} = \frac{\pi}{\alpha} \cot\alpha, \qquad \int_0^\infty \log(1 + x) \frac{dx}{x^{1+\alpha}} = \frac{\pi}{\alpha \sin\pi\alpha},$$

on a

$$\psi(0) = \psi(\infty) = 0.$$

(¹) Séance du 3 novembre 1931.

ce qui permet d'écrire aussi

$$\psi(x) = -\int_0^x \frac{\theta(x)}{x^{1+\alpha}}\,dx.$$

Un raisonnement très élémentaire montre que $\theta(x)$ n'a qu'un changement de signe. On en conclurait déjà que $\psi(x)$ *est positif, quel que soit x positif.*

Mais pour obtenir un résultat dans le cas de $\alpha = \frac{1}{2}$, nous remarquons encore que si l'on pose

$$\psi(x) = \psi(x, \alpha) = \lambda(x, \alpha)\,\frac{\log(1+x)}{x^\alpha},$$

$\lambda(x, \alpha)$ tend vers $\frac{1-\cos\pi\alpha}{\alpha} = \omega(\alpha)$ pour x_∞ et vers $\frac{1+\cos\pi\alpha}{1-\alpha} = \omega(1-\alpha)$ pour $x = 0$. $\lambda(x, \alpha)$ a par suite un minimum positif $h(\alpha)$. D'ailleurs, $h(\alpha) = \omega(\alpha)$ pour $\alpha < 1/2$, $h(\alpha) = \omega(1-\alpha)$ pour $\alpha > 1/2$, et en tout cas $h(\alpha) > \frac{\pi}{2}\sin\pi\alpha$. Quel que soit α, $\lambda(x, \alpha)$ a de même un maximum fini $k(\alpha)$.

Cela posé, soient

$$G(r) = \prod_{n=1}^{n\infty}\left|1 - \frac{r}{r_n}\right|, \qquad H(r) = \prod_1^\infty\left(1 + \frac{r}{r_n}\right).$$

On a évidemment

$$G(r) \leqq \mu(r), \qquad M(r) \leqq H(r).$$

On déduit des propriétés de $\psi(x)$ *l'inégalité*

$$(1) \qquad r^\alpha \int_r^\infty [\log G(u) - \cos\pi\alpha \log H(u)]\,\frac{du}{u^{1+\alpha}} > h(\alpha)\log H(r).$$

La substitution dans le premier membre de (1) de la série

$$\sum_1^\infty \log\left|1 - \frac{u}{r_m}\right|$$

à $\log G(u)$ est légitime. Car si l'on intègre les valeurs absolues de chaque terme, la série obtenue est convergente en même temps que

$$\sum \frac{1}{r_n^\alpha}.$$

Il résulte de la formule (1) que, quel que soit r :

1° Il y a des valeurs de u supérieures à r et pour lesquelles

$$\log G(u) > \cos \pi\alpha \log H(u).$$

C'est le théorème de Wiman pour $\alpha \neq 1/2$.

2° Pour $\alpha = 1/2$ et $h(\alpha) = 2$, l'inégalité $G(u) > H(r)$ est vérifiée pour des valeurs de u supérieures à r. Donc $\overline{\lim}_{u\infty} G(u) = \infty$ et *a fortiori* $\overline{\lim}_{u\infty} \mu(u) = \infty$ *quand* $F(z^2)$ *est de genre zéro*. C'est le théorème de Wiman pour $\alpha = 1/2$.

Observons que le premier membre de l'inégalité (1) est inférieur à $k(\alpha) \log H(r)$.

Ces diverses formules semblent permettre d'obtenir aisément les propriétés connues du minimum d'une fonction entière.

CALCUL GRAPHOMÉCANIQUE. — *Sur des intégrateurs mécaniques à liaisons holonomes*. Note [1] de M. **Bernard Salomon**, présentée par M. d'Ocagne.

1. Les intégrateurs mécaniques connus jusqu'ici utilisent des roulettes, des sphères, des lames coupantes, etc.

Ils sont donc fondés sur la réalisation de liaisons *non holonomes*.

La présente Note concerne des intégrateurs à *liaisons holonomes* : l'équation fondamentale n'est plus une traduction des liaisons; elle est d'origine dynamique et résulte de certaines hypothèses sur les forces appliquées.

2. Soit un système dépendant des variables indépendantes : $q_1, q_2, \ldots, q_n$.

Par hypothèse, l'expression $2T$ de la force vive ne contient pas q_i, qui est alors une variable *cyclique*. Si, en outre, la force généralisée φ_i est nulle à tout instant, cette variable est *cachée* ou *ignorable*.

L'équation de Lagrange qui lui correspond donne alors, après intégration :

$$(1) \qquad \frac{\partial T}{\partial q'_i} = \text{const.},$$

relation qui peut être susceptible de servir de base à des appareils intégrateurs.

3. En particulier, soit un solide de révolution suspendu par son centre

(1) Séance du 26 octobre 1931.

de gravité, *avec frottements très faibles sur les pivots de l'axe de révolution.*

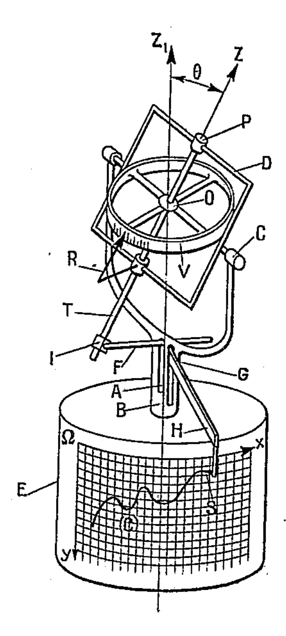
L'équation de Lagrange relative à la variable *cachée* φ est

$$r_0 = \varphi' + \psi' \cos\theta, \tag{2}$$

et devient, si à l'origine, le système était au repos

$$d\varphi = -\cos\theta\, d\psi, \tag{3}$$

sur la réalisation de laquelle on peut fonder un intégrateur mécanique.



4. Soit, par exemple, à intégrer une fonction $y = f(x)$ représentée, en coordonnées cartésiennes, par une courbe (c). On réalise les relations

$$\left\{\begin{array}{l} \psi = px, \\ \cos\theta = qy, \end{array}\right. \tag{4}$$

les constantes p et q étant judicieusement choisies. L'équation

$$\varphi - \varphi_0 = -\int \cos\theta\, d\psi = -pq\int y\, dx \tag{5}$$

montre que la différence $\varphi - \varphi_0$ relative à la rotation propre du solide de révolution donne la quadrature cherchée.

5. Sur un cylindre de révolution E d'axe Oz_1 s'enroule une feuille sur laquelle la courbe (C) est rapportée aux axes Ωx, Ωy.

D'autre part, un manchon B susceptible de tourner autour d'une colonne verticale A d'axe Oz_1 se termine par une fourche portant deux pivots C pour le cadre D.

Ce cadre présente deux portées p, à *frottements aussi faibles que possible* pour les pivots d'un axe Oz solidaire d'un volant parfaitement équilibré V, gradué sur la tranche qui fait face au repère R fixé au cadre D.

Le cadre D porte en prolongement de l'axe Oz une règle T sur laquelle se bloque un curseur I solidaire d'une bielle F qui demeure perpendiculaire à l'axe Oz_1, grâce à un croisillon G dont la branche verticale entraîne, par un levier coudé, une pointe S.

Pour astreindre la pointe S à suivre la courbe (C), il suffit à l'opérateur de modifier d'une manière continue l'angle de rotation ψ de l'équipage autour de Oz_1, et d'agir simultanément sur l'inclinaison $\frac{\pi}{2} - \theta$ du cadre D.

On a alors :

$$\int_{x_0}^{x} y\,dx = a\varphi + bx + c, \tag{6}$$

a, b et c étant certaines constantes.

MÉCANIQUE QUANTIQUE. — *Sur la théorie du rayonnement.* Note [1] de M. **Al. Proca**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Le prodigieux essor de la Mécanique auquel nous assistons aujourd'hui est dû en majeure partie à l'emploi de notions et de procédés de calcul empruntés à l'Optique. Par contre l'Optique elle-même a très peu profité de ce développement [2]. On peut alors retourner le problème et essayer de voir si les progrès récents de la Mécanique ne peuvent pas réagir sur le développement de l'Optique. D'une façon plus précise, dans la théorie de MM. de Broglie et Schrödinger, on considérait une particule matérielle comme une onde et on lui appliquait les lois de la lumière; le succès a montré qu'il y avait là quelque chose de plus qu'une simple analogie. Ne peut-on pas alors considérer inversement un photon comme un point matériel *et lui appliquer les lois de la nouvelle mécanique ?*

---

[1] Séance du 3 novembre 1931.

[2] Il faut mettre à part la théorie quantique des champs; celle-ci vise beaucoup plus loin, et saute précisément par dessus l'étape que nous voulons explorer.

2. Soit $E = cp_0$ l'énergie et (p_1, p_2, p_3) la quantité de mouvement d'un photon. Son mouvement ne peut être décrit sans faire appel à la relativité; nous prendrons donc comme guide la théorie relativiste de Dirac. On a

$$p_0^2 - p_1^2 - p_2^2 - p_3^2 = 0. \tag{1}$$

Comme pour l'équation de Dirac, cette relation nous conduit à l'équation d'onde

$$F\psi \equiv (p_0 + \beta_1 p_1 + \beta_2 p_2 + \beta_3 p_3)\psi = 0. \tag{2}$$

les β_n étant des opérateurs satisfaisant à $\beta_r\beta_s + \beta_s\beta_r = 2\delta_{rs}$.

Jusqu'ici le passage est simple et cette extension doit s'être présentée bien des fois; cependant, on ne peut pas poursuivre l'analogie plus loin *en raisonnant comme le fait Dirac* (1), parce qu'on n'arriverait pas au nombre de grandeurs requis pour représenter le champ. Il faut avoir recours à une généralisation que nous avons proposée (2) et admettre que ψ est un nombre hypercomplexe du même type que F, c'est-à-dire, somme toute, un quaternion $\psi = \psi_0 + \beta_1\psi_1 + \beta_2\psi_2 + \beta_3\psi_3$ qui multiplie *algébriquement* F. L'équation (2) s'écrit alors

$$\frac{1}{c}\frac{\partial\psi}{\partial t} + \beta_1\frac{\partial\psi}{\partial x} + \beta_2\frac{\partial\psi}{\partial y} + \beta_3\frac{\partial\psi}{\partial z} = 0. \tag{3}$$

Bref, nous traitons le problème du mouvement d'un point ayant comme hamiltonien

$$H = c(\beta_1 p_1 + \beta_2 p_2 + \beta_3 p_3), \tag{4}$$

et nous assimilons un tel point à un photon; c'est là l'hypothèse fondamentale.

3. ψ, grandeur imaginaire, représente l'onde du photon. Or, si l'on pose

$$\psi_r = E_r + iH_r,$$

on voit, en faisant les calculs, que les E_r, H_r $(r = 1, 2, 3)$, grandeurs réelles, satisfont à des équations du type Maxwell; il est naturel de les identifier aux champs électrique et magnétique de l'onde lumineuse (3). Les équations (3)

(1) Cf. par exemple, Oppenheimer, *Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 728.

(2) *Journal de Physique*, 7e série, 1, 1930, p. 235.

(3) Ce mode de groupement de E et H a été souvent employé par beaucoup d'auteurs, à diverses fins. Signalons que Rosenfeld et Solomon l'avaient également adopté au début; ils l'ont abandonné ensuite pour des raisons sérieuses.

décrivant une propagation *dans le vide*, sont identiques aux équations de Maxwell *avec courant et charge*, lesquels sont uniquement déterminés par la composante ψ_0. La théorie conduit donc à abandonner les équations de Maxwell pour le vide, ou plutôt à les compléter par des termes dépendant de ψ_0. Cet abandon est-il au moins compensé par des résultats nouveaux que l'ancienne théorie était incapable de prédire?

4. Remarquons d'abord que, si ψ_0 était négligeable, (3) se réduirait aux équations de Maxwell et que, par conséquent, toute vérification expérimentale des unes conviendrait aux autres. Mais les (3) conduisent à des résultats nouveaux. Un premier résultat évident est l'existence d'un *spin pour les photons*. Il suffit d'appliquer mot pour mot le raisonnement classique de Dirac pour l'électron.

On croit généralement qu'un pareil spin n'existe pas (1). Cependant des expériences récentes de Raman et ses collaborateurs, de Hanle et de Bär, interprétées par la théorie des quanta, semblent montrer la nécessité d'un spin pour la lumière (2). Elles ne sont pas, à vrai dire, concluantes, parce qu'on peut les interpréter par la théorie classique, sans appel à des notions nouvelles (3). D'ailleurs si elles l'étaient, elles infirmeraient la présente théorie parce qu'elles conduisent à un spin deux fois plus grand qu'il n'est nécessaire. Il faut donc, en attendant que cette question soit définitivement tranchée par l'expérience, chercher dans une autre direction des confirmations de la théorie.

Journal de Physique, 7e série, 2, 1931, p. 139 et SOLOMON, *Thèse*, Paris). Cependant il faut remarquer que ces auteurs se laissent guider par le principe de correspondance et admettent la validité absolue des équations de Maxwell, tandis que le point de vue préconisé ici conduit précisément à un abandon partiel de ces équations. Mentionnons enfin que Lanczos a, le premier, rapproché les équations de Maxwell du symbolisme des quaternions.

(1) Voir, par exemple, KASTLER, *J. Physique*, 2, 1931, p. 159. — FRISCH, *Z. Physik*, 61, 1930, p. 626.

(2) HANLE, *Phys. Ztschr.*, 32, 1931, p. 556. — BÄR, *Naturwiss*, 19, 1931, p. 463. — RAMAN et BHAGAVANTAM, *Nature*. 128, 1931, p. 114, 545, 727.

(3) PLACZEK, *Leipziger Vorträge*, 1931; *Z. Physik*, 70, 1931, p. 84.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur le mouvement d'un fluide visqueux au voisinage d'un disque oscillant autour de son axe.* Note de MM. **A. Foch** et **J. Bariol**, présentée par M. M. Brillouin.

L'étude de l'amortissement des oscillations de rotation d'un disque en milieu visqueux a été souvent utilisée pour la détermination du coefficient de viscosité. La méthode de calcul utilisée suppose que le mouvement du fluide a lieu par tranches parallèles au disque et oscillant en bloc. Nous avons essayé de vérifier cette hypothèse en faisant osciller un disque autour de son axe dans de la glycérine et en photographiant les particules fluides matérialisées par des bulles en suspension.

Le phénomène est évidemment sous la dépendance du nombre de Reynolds $\frac{1}{2}\frac{VD}{\nu} = \frac{\omega r^2}{\nu}$, ω désignant la vitesse angulaire maximum du disque, r son rayon et ν le coefficient de viscosité cinématique du fluide. Les expériences ont été faites avec deux disques de rayons respectifs 10 et 5^{cm}; les périodes étaient de l'ordre de la seconde; l'oscillation était entretenue mécaniquement.

1° Pour des nombres de Reynolds inférieurs à 60 (ce qui correspond sensiblement aux conditions des expériences classiques de Maxwell sur l'air), les photographies dont la durée de pose n'excède pas quelques périodes montrent des trajectoires parfaitement circulaires, coaxiales au disque, se superposant à chaque oscillation; l'amplitude des trajectoires situées dans un même plan perpendiculaire à l'axe est proportionnelle aux rayons, *ce qui confirme l'existence pratiquement réalisée d'un mouvement en bloc de chaque tranche*. L'amplitude angulaire du mouvement des diverses tranches diminue exponentiellement en fonction de la distance au disque; mais la valeur du coefficient de viscosité déduite de cet amortissement est supérieure à la valeur mesurée par un viscosimètre capillaire, la concordance s'améliorant à mesure que la vitesse angulaire maxima devient plus faible. Le désaccord est vraisemblablement dû à la centrifugation *lente* que le mouvement d'oscillation provoque dans le fluide, *centrifugation qui est mise en évidence par une pose prolongée pendant quelques dizaines de périodes*. L'importance de ce phénomène décroissant avec la pulsation, on peut en éliminer l'influence en extrapolant les résultats que l'on obtient avec des poses de plus en plus faibles.

2° Lorsque le nombre de Reynolds augmente au delà de 60, *on obtient*

un nouveau régime de mouvement dans lequel le liquide se partage en masses se déplaçant chacune pour son compte et limitées par des frontières assez nettement définies.

Dans l'un des cas observés, une de ces frontières avait la forme d'une poche, approximativement en forme de cylindre de révolution dont une base coïncide avec le disque et dont l'autre base se trouve à une distance de l'ordre du rayon. A l'intérieur, le mouvement du fluide rappelait beaucoup le tourbillon en forme de tore qui se produit dans le sillage d'un disque circulaire formant obstacle dans un courant uniforme normal. Dans la région où la poche se raccordait au disque, se trouvaient une ou plusieurs surfaces, en forme d'anneau, entourant la frontière; le liquide à l'intérieur de chacune de ces surfaces est animé d'un mouvement où prédomine une rotation s'effectuant dans un plan méridien du disque.

Les frontières s'organisent d'autant plus lentement que le nombre de Reynolds est plus voisin de 60. Le passage du premier régime au deuxième s'effectue pratiquement toujours pour $\frac{\omega R^2}{\nu} = 60$, que l'on fasse varier dans les oscillations du disque l'amplitude ou la fréquence.

3. Pour des nombres de Reynolds plus élevés, les masses limitées par les diverses frontières sont projetées tangentiellement; on est en présence d'un véritable régime turbulent.

On rapprochera les résultats précédents de ceux relatifs aux diverses apparences du sillage d'un obstacle dans un courant uniforme : pseudo-écoulement de première espèce, tourbillons fixes, et enfin sillage turbulent.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la valeur des formules de Dunkerley et analogues pour le calcul approché de la première vitesse critique de flexion d'un arbre tournant.* Note (¹) de M. **Th. Got**, présentée par M. E. Jouguet.

J'ai montré (*Comptes rendus* du 26 octobre 1931) la possibilité d'établir, même dans des cas compliqués, l'équation aux vitesses critiques de flexion des arbres tournants, et de la résoudre par approximations successives. Pour opérer plus rapidement on a recours depuis longtemps à la formule suivante due à Dunkerley (*Phil. Transactions*, 185, p. 279 à 360) :

$$\frac{1}{\omega^2} = \frac{1}{\omega_a^2} + \frac{1}{\omega_1^2} + \ldots + \frac{1}{\omega_n^2}, \tag{1}$$

(¹) Séance du 3 novembre 1931.

ω_a désigne la première vitesse critique de l'arbre sans aucune charge, ω_1, ω_2, ..., ω_n les vitesses critiques résultant de la force centrifuge et du couple gyrostatique de chacun des disques considérés isolément et l'inertie de l'arbre étant négligée. Cette formule qui *se rapporte d'ailleurs uniquement à la vitesse critique la plus basse* s'accorde plus ou moins grossièrement avec l'expérience dans un assez grand nombre de cas, mais il est impossible d'avoir une limite supérieure de l'erreur commise.

Dans ces dernières années différents auteurs, notamment MM. Hahn (*Schweizerische Bauzeitung*, 9 novembre 1918) et Van den Dungen (*Comptes rendus*, 23 juillet 1923), ont attiré l'attention sur certains rapports entre la formule de Dunkerley et les équations exactes. Le but de la présente Note est de montrer que, malgré l'exactitude de certaines de leurs remarques, il n'y a pas lieu d'attacher à la formule plus de valeur que son auteur lui-même, et que les formules analogues proposées à la suite de la constatation de ces rapports sont encore moins satisfaisantes.

L'équation aux vitesses critiques ω est une équation en ω^2 :

$$(2)\qquad 1 + A_1\omega^2 + A_2\omega^4 + \ldots = 0,$$

le premier membre étant un *polynome* entier dans le cas de charges concentrées, une *fonction entière* s'il y a des charges continues et notamment si l'on tient compte de l'inertie de l'arbre.

Dans le premier cas, M. Hahn remarque que, $-A_1$ étant égal à

$$\sum_i (m_i\eta_{ii} - I'_i\mu'_{ii}) \quad (^1),$$

les différents termes de cette somme *sont égaux aux inverses des carrés des vitesses critiques Ω_i et Ω'_i*, qui résulteraient de la seule action de la masse ou de l'inertie transversale correspondantes, toutes les autres étant supprimées — en admettant toutefois, pour simplifier le langage, des valeurs *purement imaginaires* pour les Ω'_i (Ω_i et Ω'_i étant données par les équations

$$1 - m_{ii}\eta_{ii}\Omega_i^2 = 0 \qquad \text{et} \qquad 1 + I'_i\mu'_{ii}\Omega_i'^2 = 0$$

où les coefficients de Ω_i^2 et de $\Omega_i'^2$ sont positifs). Si l'on néglige alors les

---

(1) m_i, masse concentrée à l'abscisse x_i, I'_i, excès du moment d'inertie axial sur le moment d'inertie diamétral du disque à l'abscisse x_i, η_{ii} coefficient d'influence sur la flèche d'une force normale unitaire, μ'_{ii} coefficient d'influence d'un moment unitaire sur la pente de l'élastique.

termes en ω^4 etc., l'équation se réduit à

$$1 + A_1\omega^2 = 0,$$

d'où l'on déduit

$$\frac{1}{\Omega^2} = \sum_i \frac{1}{\Omega_i^2} + \sum_i \frac{1}{\Omega_i'^2}. \tag{3}$$

Cette formule est analogue à celle de Dunkerley. Mais on n'a pas fait suffisamment remarquer *qu'elle en diffère essentiellement dès que l'inertie transversale entre en jeu* ($I'_i \neq 0$). En effet dans la formule de Dunkerley (1), les vitesses ω_i sont les vitesses critiques résultant de l'action *simultanée* de la force centrifuge et du couple gyrostatique : ce sont les racines positives des équations

$$\begin{vmatrix} 1 - m_{ii}\eta_{ii}\omega_i^2, & I'_i\mu_{ii}\omega_i^2 \\ -m_{ii}\eta'_{ii}\omega_i^2, & 1 + I'_i\mu'_{ii}\omega_i^2 \end{vmatrix} = 0. \tag{4}$$

et *l'on n'a pas*

$$\frac{1}{\omega_i^2} = \frac{1}{\Omega_i^2} + \frac{1}{\Omega_i'^2}.$$

L'équation (4) ayant ses racines en ω_i^2 de signes contraires, si l'on appelle ω'_i la racine purement imaginaire, on a

$$\frac{1}{\omega_i^2} + \frac{1}{\omega_i'^2} = \frac{1}{\Omega_i^2} + \frac{1}{\Omega_i'^2}$$

d'où

$$\frac{1}{\omega_i^2} > \frac{1}{\Omega_i^2} + \frac{1}{\Omega_i'^2}$$

et par suite, en additionnant toutes les inégalités analogues,

$$\frac{1}{\omega^2} > \frac{1}{\Omega^2}, \qquad \omega < \Omega,$$

de sorte que *la valeur* ω *de Dunkerley donne toujours plus de sécurité que celle de Hahn.* D'ailleurs la valeur Ω peut être infinie et même imaginaire, c'est-à-dire qu'elle peut n'être d'aucune utilité pour avoir une valeur approchée de la plus basse vitesse critique *qui existe toujours réellement.* Ces résultats n'ont rien de surprenant, la valeur $-\frac{1}{A_1}$ prise pour valeur du carré de la plus petite racine positive de l'équation (1) n'ayant aucune raison d'être particulièrement approchée. En réalité $-A_1$ est la somme des inverses des racines λ de l'équation (1) en ω^2 :

$$-A_1 = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \ldots + \frac{1}{\lambda_n}.$$

Si λ_1 est la plus petite racine positive de cette équation, la formule (3) de M. Hahn ne donne donc une bonne approximation que si, pour une raison ou pour une autre, $\frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_3} + \ldots + \frac{1}{\lambda_n}$ est petit vis-à-vis de $\frac{1}{\lambda_1}$.

Des remarques analogues s'appliquent au cas des charges continues où l'équation (2) est (Van den Dungen) l'équation déterminante $D(\lambda) = 0$ d'une équation de Fredholm. Mais ici il faut faire attention que $D(\lambda)$ est une fonction entière qui peut être de *genre* 0, 1 ou 2, et que *c'est seulement dans le cas où le genre est nul* que l'on a

$$-A_1 = \sum_{1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_i}.$$

ASTRONOMIE. — *Sur la répartition des pôles des orbites des étoiles doubles.* Note (1) de M. **D. Barbier**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Cette question qui, en raison de son importance, a fait l'objet de nombreuses recherches, n'a conduit jusqu'ici qu'à des résultats très incertains et contradictoires (2).

Il y a en effet une difficulté provenant, dans le cas général, de l'indétermination du signe de l'inclinaison, ce qui donne deux pôles, dont l'un ne correspond à rien de réel. Toutefois, si l'inclinaison est de $\frac{\pi}{2}$, les deux pôles sont symétriquement opposés sur la sphère céleste. C'est de ce cas particulier que nous nous occupons ici en faisant appel aux étoiles dont l'orbite est inconnue, mais dont on sait que l'inclinaison est voisine de $\frac{\pi}{2}$, ce qui se reconnaît à ce caractère que la trajectoire apparente est rectiligne, son prolongement passant par l'étoile principale. Pour un couple quelconque, soient V l'angle de la tangente à la projection de la trajectoire avec la projection du rayon vecteur, θ et ρ l'angle de position et la distance. On a

$$\cot V = \frac{d\rho}{\rho\, d\theta}.$$

(1) Séance du 3 novembre 1931.

(2) Ces recherches sont résumées par Y. C. Chang : *A study of the orientation of the orbits planes of* 16 *visual binaries having determinate inclinations* (*Astronomical Journal*, 40, 1929, p. 11).

Nous ne retenons que les étoiles pour lesquelles $\cot V > 8$. Nous en avons trouvé 74 dans la liste de Russell [1].

Soient α, δ les coordonnées équatoriales de l'étoile, α_0, δ_0 celles du pôle. On a

$$\sin\delta_0 = \sin\theta\cos\delta,$$
$$\cos\delta_0\cos(\alpha-\alpha_0) = -\sin\theta\sin\delta,$$
$$\cos\delta_0\sin(\alpha-\alpha_0) = \cos\theta.$$

On obtient ensuite les coordonnées galactiques λ_0, β_0 du pôle à l'aide de tables [2]. Nous prenons le pôle dont la longitude est comprise dans l'intervalle $-90^\circ \to 0^\circ \to +90^\circ$.

Même si les angles de position sont effectivement répartis au hasard, la distribution des pôles des orbites sur la sphère céleste ne sera pas, en général, uniforme. Puisque $i = \frac{\pi}{2}$, elle dépend de la répartition des étoiles elles-mêmes; mais il est aisé de calculer ce qu'elle doit être. Soient θ_g l'angle de position compté à partir du nord galactique, λ et β les coordonnées galactiques d'une étoile. On a

$$\sin\beta_0 = \sin\theta_g\cos\beta,$$
$$\cos\beta_0\cos(\lambda-\lambda_0) = -\sin\theta_g\sin\beta,$$
$$\cos\beta_0\sin(\lambda-\lambda_0) = \cos\theta_g,$$

d'où l'on tire

$$\theta_g = \arcsin\frac{\sin\beta_0}{\cos\beta}, \quad \beta_0 < \frac{\pi}{2} - \beta;$$
$$\theta_g = \operatorname{arc\,tang}\frac{\cot(\lambda_0-\lambda)}{\sin\beta},$$

Toutes les valeurs de θ_g étant, *a priori*, également probables, on obtient la probabilité p_{mn} pour que β_0 soit compris entre β_m et β_n et la probabilité q_{rs} pour que λ_0 soit compris entre λ_r et λ_s

$$\frac{\pi}{2}p_{mn} = \arcsin\frac{\sin\beta_m}{\cos\beta} - \arcsin\frac{\sin\beta_n}{\cos\beta},$$
$$\pi q_{rs} = \operatorname{arc\,tang}\frac{\cot(\lambda_r-\lambda)}{\sin\beta} - \operatorname{arc\,tang}\frac{\cot(\lambda_s-\lambda)}{\sin\beta}.$$

Remarquons que si $\frac{\sin\beta_m}{\cos\beta} > 1$, on doit remplacer cette expression par

[1] H. N. Russell and C. E. Moore, *Dynamical parallaxes of 1777 double stars* (*Astronomical Journal*, 39, 1929, p. 165).

[2] Pio Emannuelli, *Publicazioni della Specula Vaticana*. 14, appendice I, 1929.

l'unité. La probabilité comprise pour que les deux conditions ci-dessus soient simultanément réalisées est

$$P_{mnrs} = \frac{p_{mn}q_{rs}}{\Sigma(p_{mn}q_{rs})},$$

la somme étant étendue à toute la sphère céleste.

Nous avons calculé pour chaque étoile les p, q, P qui nous sont nécessaires ; en faisant la somme pour toutes les étoiles, on trouve la distribution des pôles correspondant à une égale probabilité pour toutes les valeurs de θ_g, distribution qu'il reste à comparer au dénombrement des 74 étoiles que nous considérons.

Répartition des latitudes des pôles.

β.....	−90°, −41°,7.	−41°,7. −19°,5.	−19°,5. 0°.	0°. +19°,5.	+19°,5. +41°,7.	+41°,7. +90°.
Observation.	9,0	9,0	16,0	16,0	13,0	11,0
Calcul.....	12,71	12,77	11,52	11,52	12,77	12,71
O−C......	− 3,71	− 3,77	+ 4,48	+ 4,48	+ 0,23	− 1,71

Il y a une concentration assez nette entre −19°,5 et +19°,5 et la probabilité pour qu'une telle concentration n'ait pas de causes réelles est seulement de 0,09.

Répartition des longitudes des pôles.

λ......	−90°. −60°.	−60°. −30°.	−30°. 0°.	0°. +30°.	+30°. +60°.	+60°. +90°.
Observation..	11,0	17,0	14,0	11,0	9,0	12,0
Calcul.......	11,76	11,00	12,24	14,86	12,27	11,87
O−C........	− 0,76	+ 6,00	+ 1,76	− 3,86	− 3,27	+ 0,13

Il y a concentration entre 0° et −60° et la probabilité pour que cette concentration ne soit pas réelle est de 0,09. Enfin en répartissant les pôles sur la sphère céleste divisée en 12 régions, nous avons trouvé qu'il y avait concentration dans les quatre régions entourant le point $\lambda = -30°$, $\beta = 0$, la probabilité pour que cette concentration soit réelle étant d'ailleurs de 0,95. Ce point est très voisin de la direction du centre de la galaxie qui a pour coordonnées

$$\lambda = 325°, \qquad \beta = 0°.$$

ÉLECTRICITÉ. — *Conductibilité thermique des gaz rares.* Note [1] de MM. **Maurice Curie** et **A. Lepape**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons mesuré les conductibilités thermiques du krypton et du xénon, qui n'avaient pas encore été déterminées. Nous avons aussi mesuré à nouveau les conductibilités thermiques des autres gaz rares (hélium, néon, argon), de manière à réaliser un ensemble permettant, en particulier, de voir s'il n'existerait pas une variation systématique nette du coefficient numérique A de la formule $K = A\eta c_v$, reliant le coefficient de conductibilité thermique K, le coefficient de viscosité η et la chaleur spécifique c_v.

Nous avons opéré par la méthode du refroidissement thermométrique, plus simple de bonne mise en œuvre que la méthode du fil de platine de Schleiermacher. Pour l'air, les résultats obtenus suivant l'une ou l'autre méthode par divers expérimentateurs ne présentent pas de différences systématiques.

La méthode du refroidissement thermométrique a été étudiée avec beaucoup de soin par E. Müller [2]. Le dispositif que nous avons employé est très voisin de l'un de ceux préconisés par cet expérimentateur.

Le réservoir thermométrique était une boule en verre mince de 10^{mm} de diamètre; la tige capillaire avait 1^{mm} de diamètre extérieur et 15^{cm} de long. La boule était placée au centre d'un ballon de verre mince de 65^{mm} de diamètre environ, très régulier, plongé dans de la glace rapée.

Le gaz était à une pression comprise entre 5 et 10^{mm}. A ces pressions et dans les conditions expérimentales, l'effet de convection n'est pas sensible (indépendance d'avec la pression). La marche du thermomètre était suivie entre 40 et 20°.

Le coefficient de conductibilité thermique est proportionnel à la différence des vitesses de refroidissement en présence et en l'absence de gaz. Le coefficient de proportionnalité dépend des dimensions de l'appareil et de la valeur en eau de la boule.

Pour la correction de vitesse de refroidissement en l'absence de gaz, nous avons opéré selon les indications de la technique moderne du vide.

D'autre part nous avons renoncé à employer la méthode du refroidissement thermométrique comme méthode absolue, à cause de la difficulté de détermination précise de la masse en eau.

Nos déterminations sont rapportées à la base K_0 air [3] $= 5{,}83 . 10^{-5}$

---

(1) Séance du 3 novembre 1931.

(2) E. Müller, *Annalen der Physik*, 60, 1897, p. 83.

(3) Grégory et Archer, *Proceed. Roy. Soc.*, 753, 1926, p. 91.

cal sec^{-1} cm^{-1} deg^{-1}. Les résultats que nous avons obtenus sont groupés dans le tableau suivant :

Gaz.	Coefficient de conductibilité thermique à 0° C. K_0 en cal-sec^{-1} cm^{-1}-deg^{-1}.	$A = \frac{K_0}{\eta c_v}$.
Hélium	$33,63.10^{-5}$	2,42
Néon	10,92	2,49
Argon	4,06	2,59
Krypton	2,12	2,54
Xénon	1,24	2,58

Les valeurs de K_0 pour l'hélium, le néon, l'argon sont en accord convenable avec les déterminations antérieures.

Les valeurs du coefficient A sont voisines de la valeur $\frac{5}{2}$ déduite de l'hypothèse d'intervention dans la dynamique des chocs élastiques entre molécules, d'une force répulsive à faible rayon d'action, en $\frac{1}{d^n}$ ($n \geqq 5$, Maxwell, Boltzmann, M. Brillouin, Chapman, Enskog).

OPTIQUE PHYSIQUE. — *Sur la biréfringence par compression de la silice amorphe et du quartz cristallisé, et sa dispersion dans l'ultraviolet.* Note de MM. **G. Bruhat** et **J. Thouvenin**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons décrit (1) un compensateur formé de deux quartz perpendiculaires droit et gauche, qu'on peut rendre quart d'onde pour une radiation quelconque du spectre visible ou du spectre ultraviolet en lui donnant une inclinaison convenable par rapport au faisceau lumineux. Nous l'avons utilisé à l'étude de la biréfringence par compression de la silice fondue et du quartz cristallisé. La compression était exercée à l'aide d'un poids et d'un levier; elle a varié de 30 à 200 kg/cm^2; la biréfringence était mesurée par la méthode de Stokes, les pointés étant faits par la méthode photographique de Bruhat et Pauthenier.

Nous avons d'abord étudié un échantillon de silice fondue (Silice I), de largeur 10^{mm},20 et d'épaisseur 5^{mm},09, provenant de la maison *Quartz et Silice fondus*. Cet échantillon, assez bon au point de vue optique, présentait, sans compression, une biréfringence résiduelle dont la valeur moyenne

(1) G. Bruhat et J. Thouvenin, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 727.

dans la plage utilisée était inférieure à 1°; les biréfringences mesurées φ ont varié, suivant la longueur d'onde et la pression, de 50° à 424°; la précision dss pointés était de 15 à 30 minutes. Nous avons contrôlé les mesures faites avec le quart d'onde par des mesures faites sans quart d'onde, dans lesquelles nous cherchions quelle était la valeur de la force qui rendait rectiligne la vibration émergente, en rendant la lame demi-onde ($\varphi = 180°$) ou onde ($\varphi = 360°$). Nous avons trouvé que, pour une longueur d'onde donnée, la biréfringence φ était bien proportionnelle à la pression; les rapports φ/F de la biréfringence à la force de compression sont certainement déterminés avec une erreur qui ne dépasse pas 1 pour 100.

En multipliant ces rapports par la largeur en centimètres du bloc de silice comprimée, on obtient la biréfringence Φ que prendrait une lame d'un centimètre d'épaisseur comprimée sous une pression de 1 kg/cm² : nous donnons, dans le tableau que l'on trouvera plus loin, les valeurs en degrés de Φ pour les diverses longueurs d'onde. Nous y donnons également la quantité $C = 10^{13}(n_0 - n_e)$, la différence des indices $n_0 - n_e$ étant celle qui correspond à une pression de 1 barye [1]. Tous ces nombres correspondent à des biréfringences négatives : dans tous les échantillons, de silice fondue ou de quartz cristallisé, que nous avons étudiés, la vibration parallèle à la direction de compression est avancée.

Nous avons ensuite étudié un second échantillon de silice fondue (Silice II), provenant de la maison Schmidt et Hænsch. Cet échantillon, moins bon que le précédent, présentait une biréfringence résiduelle deux ou trois fois plus grande; nous nous sommes contentés, pour la plupart des radiations, de déterminer la valeur de la pression qui le rend demi-onde, et nous en avons déduit les valeurs de Φ et de C portées dans le tableau.

Les échantillons de quartz cristallisé étudiés étaient des lames perpendiculaires à l'axe, taillées par la maison Jobin et Yvon, de 10^{mm} de largeur et 2^{mm} d'épaisseur. Pour éliminer l'influence du pouvoir rotatoire. nous avons comprimé ensemble une lame droite et une lame gauche. Nous donnerons dans un autre Recueil les raisons qui nous ont fait préférer ce dispositif, ainsi que sa théorie et la discussion des causes d'erreur; nous nous contenterons ici d'indiquer que les pointés sont meilleurs que pour la silice fondue, à cause de la meilleure qualité optique de la matière. L'erreur

(1) La quantité C est ainsi exprimée en brewsters; le brewster étant un retard de 1 angström par millimètre et par mégabarye.

d'un pointé photographique ne dépasse pas 10 minutes, et il semble que les valeurs de Φ et de C que nous donnons dans le tableau suivant devraient être exactes à 1 ou 2 pour 100 près; elles présentent pourtant, par rapport à la courbe moyenne, des écarts un peu supérieurs.

L'ensemble de nos résultats est résumé par le tableau suivant :

λ (angströms)...	5780.	5461.	4358.	3657.	3128.	2804.	2537.	2400.
				Silice I (degrés-cm/kg. 10^{13} C. G. S.).				
Φ	2,31	2,48	3,04	3,76	4,68	5,56	6,35	7,07
C	3,79	3,83	3,75	3,90	4,15	4,42	4,56	4,81
k	4,36	4,37	4,16	4,16	4,25	4,34	4,28	4,37
				Silice II (degrés-cm/kg. 10^{13} C. G. S.).				
Φ	2,49	2,64	3,33	4,10	4,99	–	6,60	–
C	4,08	4,09	4,11	4,25	4,42	–	4,74	–
k	4,67	4,66	4,55	4,54	4,52	–	4,45	–
				Quartz (degrés-cm/kg. 10^{13} C. G. S.).				
Φ	–	1,71	1,96	2,80	–	3,58	4,84	–
C	–	2,64	2,43	2,90	–	2,84	3,48	–

L'examen de ce tableau montre que *les deux échantillons de silice fondue présentent des biréfringences de compression très comparables, ne différant entre elles que de 5 à 6 pour 100, mais que cette biréfringence est supérieure d'environ 40 pour 100 à la biréfringence de compression du quartz cristallisé.*

Nous avons comparé les résultats obtenus pour la biréfringence de compression de la silice fondue à la formule de Havelock; d'après cette formule la biréfringence d'un échantillon donné devrait varier, avec la longueur d'onde, proportionnellement à $\frac{(n^2-1)^2}{n}$: nous donnons dans le tableau les valeurs de la constante de Havelock, $k=\frac{Cn}{(n^2-1)^2}$, pour les différentes mesures faites sur la silice fondue. On voit que, pour un même échantillon, les valeurs correspondant aux diverses longueurs d'onde présentent, par rapport à la valeur moyenne, des écarts de l'ordre de 2 à 3 pour 100, qui nous paraissent supérieurs aux erreurs d'expérience. *La formule de Havelock, qui donne correctement l'ordre de grandeur de la dispersion de biréfringence, ne doit être considérée que comme une première approximation.*

ÉLECTROCHIMIE. — *Coefficient d'activité de l'ion cuivre bivalent dans les solutions de son sulfate.* Note ([1]) de Mlle M. QUINTIN, présentée par M. J. Perrin.

Debye a établi que, pour des solutions très diluées, le coefficient d'activité γ d'un ion de valence ν est lié à la concentration m par la relation

$$\text{Log}\,\gamma = -B\nu^2\sqrt{\Sigma m\nu^2}. \tag{1}$$

Lorsque le diamètre moyen α de collision des ions n'est pas négligeable devant l'épaisseur de l'atmosphère ionique, la formule (1) doit être remplacée par

$$\text{Log}\,\gamma = -B\nu^2\sqrt{\Sigma m\nu^2}\,\frac{1}{1+A\alpha\sqrt{\Sigma m\nu^2}}, \tag{2}$$

où

$$A=\sqrt{\frac{4\pi Ne^2}{1000\,DKT}} \quad \text{et} \quad B=\frac{e^2}{2DKT}\sqrt{\frac{4\pi Ne^2}{1000\,DKT}},$$

N représentant le nombre d'Avogadro, K la constante de Boltzmann, e la charge de l'électron, D la constante diélectrique du solvant et T la température absolue.

J'ai cherché à vérifier ces formules pour les solutions de SO^4Cu. Celles-ci étaient préparées à partir de sel purifié par plusieurs cristallisations successives et d'eau bidistillée; le pH de la solution mère initiale, demi-moléculaire, était égal à 3,3 à la température des expériences, soit 17° C.

Dans ces conditions, en prenant pour D la valeur de Drude (81,70), les formules (1) et (2) deviennent (logarithmes vulgaires) :

$$\log\gamma = -4{,}05\sqrt{m}, \tag{1'}$$

$$\log\gamma = -4{,}05\sqrt{m}\,\frac{1}{1+0{,}653\times10^8\alpha\sqrt{m}}. \tag{2'}$$

Le coefficient d'activité de l'ion Cu^{++} était déterminé à partir du potentiel E d'une électrode de cuivre pur, par mesure de la force électromotrice de la chaîne :

$$Cu \mid SO^4Cu,\ m \mid (NO^3)^2NH^4\,\text{sat.} \mid KCl\,\text{sat.} \mid Hg^2Cl^2 \mid Hg.$$

Si l'on néglige les potentiels de jonction des liquides :

$$E=\left(E_0+\frac{RT}{2F}\,\text{Log}\,\gamma\right)+\frac{RT}{2F}\,\text{Log}\,m. \tag{3}$$

([1]) Séance du 27 juillet 1931.

E_0 se détermine par la méthode de Lewis : la quantité E'_0 entre parenthèses est calculée pour chaque valeur de m et l'on construit la courbe $E'_0 = f(\sqrt{m})$ qui, pour les grandes dilutions, est une droite. E_0 étant la limite de E'_0 pour $m = 0$ s'obtient par extrapolation.

Logγ est alors calculé par la relation (3).

Le tableau I donne les valeurs expérimentales de E (en volts, reproductibles à 10^{-3} volt près), à partir desquelles E'_0 et logγ sont calculés comme il vient d'être indiqué.

TABLEAU I.

mol. gr/litre.	E.	E'_0.	logγ.
1/2	0,332	0,340	—1,015
1/8	0,321	0,347	—0,772
1/32	0,311	0,354	—0,529
1/128	0,300	0,360	—0,296
1/512	0,286	0,365	—0,139

$E_0 = 0,369$.

Les courbes représentant la variation de E'_0 et de logγ en fonction de $\sqrt{m}$ sont régulières et admettent, comme le veut la théorie, une tangente à l'origine, de coefficient angulaire égal à 0,115 pour la première et à — 4,05 pour la seconde [relation (1')]. La courbe $\log\gamma = F(\sqrt{m})$ n'est pas une droite; il faut donc tenir compte pour SO^4Cu du diamètre ionique α qui peut être calculé par la formule (2').

Le tableau II donne les valeurs de α calculées à partir des valeurs de logγ interpolées sur la courbe $\log\gamma = F(\sqrt{m})$.

TABLEAU II.

m.	logγ.	$\frac{-4,05\sqrt{m}}{\log\gamma}$.	α en Å.
0,01	—0,33	1,227	3,5
0,0225	—0,47	1,293	3,0
0,04	—0,575	1,409	3,1
0,0625	—0,655	1,546	3,2
0,09	—0,72	1,687	3,5
0,1225	—0,775	1,787	3,2
0,16	—0,820	1,977	3,7
0,2025	—0,867	2,102	3,6
0,25	—0,905	2,238	3,8
0,3025	—0,942	2,365	3,8
0,36	—0,975	2,493	3,8
0,4225	—1,005	2,619	3,8
0,49	—1,035	2,737	3,8
0,5625	—1,062	2,879	3,8

Si l'on élimine les premières valeurs pour lesquelles les causes d'erreur sont particulièrement sensibles (les différences de potentiel aux jonctions entre liquide ayant été négligées), on trouve pour diamètre moyen des ions en solution de SO^4Cu : 3,8 Å environ.

On voit donc que, dans tout le domaine de concentrations étudiées, c'est-à-dire même jusqu'à des concentrations relativement élevées, la théorie de Debye s'applique aux solutions de SO^4Cu, si l'on tient compte du facteur de correction introduit par la dimension des ions.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur les rayons α de long parcours émis par le* Th C + C′ *et quelques déterminations de vitesses de rayons α.* Note de M. **S. Rosenblum**, présentée par M. A. Cotton.

Récemment E. Rutherford, Wynn Williams et Lewis ont repris la question des rayons α de long parcours par la nouvelle méthode d'ionisation différentielle établie par ces auteurs (1). En ce qui concerne le dépôt actif du Th, ils confirment l'existence de deux longs parcours seulement de 11,5 et 9cm,7 (air à pression normale et à 15°).

L'énergie correspondant aux groupes de long parcours se calcule par extrapolation en partant de courbes empiriques représentant la relation entre les vitesses et les parcours normaux (2).

Il était désirable de mesurer directement la vitesse de ces rayons α, qui correspondent à l'émission d'énergie la plus élevée que l'on peut observer. Malgré le petit nombre de rayons α appartenant au groupe 11,5 (il en existe environ 2 pour 10000 de parcours normal), nous avons pu déterminer à l'aide du grand électro-aimant de l'Académie des Sciences, la vitesse correspondant à ce groupe (par la méthode de focalisation magnétique).

Nous avons ainsi obtenu sur trois clichés une nouvelle raie α_I, distante de 3cm,48 à partir de la raie α du Th C′; la vitesse correspondante est, en prenant la raie α du Th C′ comme unité, égale à

$$\frac{V_{\alpha_I}}{V_\alpha \mathrm{Th\,C'}} = 1,098\,(7).$$

(1) E. Rutherford, Wynn Williams et Lewis, *Proc. Roy. Soc.*, (A), 133, 1931, p. 684.

(2) En effet, l'application simple de la loi de Geiger, $P = kv^3$, où P sont les parcours dans un gaz à température et pression définies, et v les vitesses, peut, dans le domaine des longs parcours, conduire à des erreurs notables.

Sur un de nos clichés, nous avons également observé une raie α_{II} extrêmement faible distante de $1^{cm},3$ et dont la vitesse est

$$\frac{V_{\alpha_{II}}}{V_\alpha \text{Th C}'} = 1,037.$$

La raie α_I correspond certainement au groupe de $11^{cm},5$; en ce qui concerne α_{II}, dont l'existence ne nous semble pas définitivement établie, elle correspondrait au groupe de $9^{cm},7$ qui est cinq fois environ plus faible que le groupe de $11^{cm},5$. L'intensité de ce groupe est donc seulement de $\frac{3}{1000000}$ par rapport à la raie principale du Th C'. Rutherford et ses collaborateurs trouvent, par extrapolation, pour ce groupe

$$\frac{V_{p\,9,7}}{V_\alpha \text{Th C}'} = 1,0403,$$

ce qui est en accord satisfaisant avec notre valeur de 1,037. On trouve pour les différences énergétiques

$$E_{\alpha_I} - E_\alpha \text{Th C}' = 1827 \pm 40 \text{ E}k\text{V}$$

et

$$E_{\alpha_{II}} - E_\alpha \text{Th C}' = 663 \text{ E}k\text{V}$$

[pour effectuer les calculs, on admet

$$V_\alpha \text{Th C}' = 2,056 \times 10^9 \text{ cm-sec},$$

moyenne entre le nombre donné par Briggs (1) et celui déterminé par nous-même, par comparaison avec la vitesse des rayons α du RAC' (2)].

Ces expériences ont été effectuées avec un dispositif déjà décrit (2) précédemment et dans des conditions expérimentales analogues. Pour ces expériences, nous avons pu utiliser des sources de ThB équivalentes en rayonnement γ à 10-14 millicuries de radium élément. La durée des poses était de 5 à 6 heures.

Au cours de nos expériences, nous avons eu également l'occasion de déterminer la vitesse des rayons α de l'Ac et de l'AcC' en photographiant simultanément sur le même cliché les rayons α du radium C', dont la vitesse est d'après Briggs (3) de $1,923 . 10^9$ cm/sec.

---

(1) *Proc. Roy. Soc.*, (A), **118**, 1928, p. 549.
(2) S. Rosenblum, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1124.
(3) *Loc. cit.*

Nous trouvons

$$V_\alpha AcC' = 1,893.10^9 \text{ cm/sec},$$
$$V_\alpha AcC = 1,782.10^9 \text{ cm/sec}.$$

[Il s'agit du groupe principal de l'AcC(1).]

Admettant une erreur de 1 pour 1000 sur la vitesse des rayons α du RaC', les nombres donnés pour l'AcC' et l'AcC sont à la précision de $\frac{2}{1000}$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Variation du point de décongélation des huiles minérales accompagnant des changements de leur état. Trempe des huiles.* Note de M. **Paul Woog**, M[lles] **Émilie Ganster** et **Fanny Coulon**, présentée par M. M. Brillouin.

L'un de nous a indiqué (2) une méthode et un dispositif permettant d'obtenir dans des conditions clairement définies le point de décongélation des corps gras, c'est-à-dire la température à laquelle l'échantillon préalablement congelé à fond, puis réchauffé progressivement, passe, sous une charge donnée, d'une viscosité infinie à une viscosité déterminée, encore très grande, mais appréciable. Les mesures se sont montrées fidèles, si bien qu'il nous a été possible de mettre en évidence certaines anomalies présentées par les huiles minérales et plus encore par les mélanges qui les renferment, telles les huiles employées en chronométrie.

En effet, si l'on congèle l'huile à — 85° environ en la plongeant rapidement dans de l'acétone additionnée d'un excès de neige carbonique, puis qu'après un séjour de 5 minutes à cette température, on porte l'essai dans des bains réglés (pour les huiles sur lesquelles nous avons opéré), soit à — 30°, soit à — 40° et que l'on observe alors le point de décongélation obtenu à la suite du réchauffement progressif de ces bains, on constate un écart très net entre les nombres obtenus. Les différences, parfois faibles, sont capables cependant d'atteindre près d'une dizaine de degrés. Entre essais comparatifs, les températures de décongélation obtenues dans des bains de réchauffement ajustés à — 30° à l'origine sont, d'une manière à peu près constante, plus basses que si l'on opère dans des bains à — 40°. Une congélation initiale soutenue 30 minutes à — 85° avant de réchauffer l'échantillon, laisse entiè-

(1) M[me] P. Curie et S. Rosenblum, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 33.

(2) Paul Woog, *Annales de l'Office national des Combustibles liquides*, **3**, 1929, p. 493.

rement subsister des variations du point de décongélation sous l'influence de la température de départ différente des bains de réchauffement (— 30° ou — 40°); mais si la congélation à — 85° est maintenue 1 heure, on ne retrouve plus ces différences avec la même régularité. Ces variations disparaissent si la congélation a lieu dans l'air liquide. Si après la congélation à — 85°, on maintient l'essai dans ce même bain qu'on laisse alors se réchauffer, on observe des températures de décongélation très voisines entre mesures successives, mais toujours moins basses encore que les températures fournies à partir du bain à — 40°. Une congélation de l'échantillon effectuée en abaissant la température avec une extrême lenteur supprime les anomalies : on obtient dans ce cas le point le plus élevé.

Soupçonnant une transformation cristalline des huiles, nous avons, sans succès, ébauché une analyse thermique du phénomène. Par ailleurs, dans des essais successifs, nous avons maintenu l'huile congelée pendant un temps croissant à —30° avant de laisser le bain se réchauffer pour la recherche du point de congélation : nous avons alors constaté que ce point se relevait peu à peu, et que, après un séjour de 12 minutes environ à —30°, la courbe des températures de décongélation ainsi tracée rejoignait le niveau des points obtenus dans le bain réglé à —40°, mettant ainsi bien en évidence une zone de transformation.

Par une autre expérience, nous avons retrouvé la modification inverse : l'huile congelée ayant été assez longtemps maintenue à —30° pour que la transformation soit effectuée, était congelée à nouveau puis réchauffée, ce double traitement étant répété plusieurs fois de suite en laissant l'échantillon atteindre à chaque cycle une température un peu plus élevée. On voyait alors la température de décongélation décroître à chaque essai et regagner finalement le point initial.

Nous avons reproduit le phénomène dans un tube de verre de manière à pouvoir l'observer. Nous avons constaté qu'au moment de la congélation rapide — principalement pour les huiles asphaltiques et naphténiques — l'huile se solidifiait sous l'aspect d'un verre transparent, incolore dans le cas des huiles très raffinées, tandis qu'une forte incurvation de la surface se manifestait sous l'effet de la contraction. Ce verre se fêle souvent en produisant un bruit sec ; ces ruptures deviennent nombreuses si la congélation a lieu dans l'air liquide. En laissant la température remonter lentement, on voit une transformation s'amorcer, donnant à l'huile un léger louche. Cette opalescence a paru plus nette si l'équipage est suspendu par le thermomètre et si l'huile est soumise à une traction correspondant au

poids de l'appareil. Dans les mélanges d'huiles minérales et de glycérides, le verre se forme d'abord, puis les glycérides cristallisent peu à peu, donnant à l'ensemble un aspect de porcelaine.

Nous avons vérifié que l'état d'hydratation de l'huile n'intervenait pas dans le phénomène.

Il semble donc que les points de décongélation différents observés correspondent à des états variables de l'huile. Certains faits de cet ordre, montrés par des triglycérides en surfusion sont connus; mais ici le phénomène général mis en évidence semble analogue à une véritable *trempe* suivie de *recuit*. La solidification rapide de l'huile ne donne pas aux cristaux le temps de se former; l'état vitreux réalisé est instable, et, dès que le relèvement de la température le permet, des cristaux — stables — apparaissent, puis se multiplient. Suivant le temps qui s'écoule entre l'amorçage de la cristallisation et le moment où se produit la décongélation, on obtient des points de décongélation différents. La forme vitreuse ayant la température de fusion la plus basse, on observe des points de décongélation d'autant plus hauts que la cristallisation de l'huile est plus avancée. Ces points sont minima dans le bain à —30° et maxima quand le réchauffement se fait à partir de —85°, la durée de l'opération permettant, dans ce cas, une dévitrification plus poussée.

Comme l'amorçage ne s'effectue pas à un point fixe, les températures de décongélation peuvent subir quelques irrégularités. Celles-ci sont réduites au minimum en laissant l'huile congelée se réchauffer à partir de —85° et en opérant, suivant les données connues, sur des échantillons préalablement chauffés à +50° et refroidis à +20° pendant une demi-heure, juste avant de procéder à la congélation.

L'étude optique et cristallographique des phénomènes est entreprise à l'École nationale supérieure du Pétrole.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La dégradation des solutions de caoutchouc de diverses concentrations.* Note de MM. **P. Bary** et **E. Fleurent**, présentée par M. G. Bertrand.

Nous avons employé des solutions dans le xylène d'un caoutchouc, type dit crêpes plantation fumés, placées dans une atmosphère d'azote et maintenues à la température à peu près constante de 95° par un régulateur; nous avons opéré simultanément sur des solutions à cinq concentrations différentes : 5,12, 3,94, 2,88, 1,98 et 0,99 pour 100$^{cm^3}$. Les mesures de

viscosité ont été faites, comme précédemment, par écoulement dans un tube d'environ 1^{mm} de diamètre intérieur.

On a retrouvé ainsi, dans les courbes de la viscosité relative en fonction du temps, la loi hyperbolique déjà décrite (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 946), mais seulement pour les concentrations de 1,98 et 0,99 pour 100. Pour les solutions plus concentrées, la courbe présente un point singulier et peut se décomposer en deux périodes distinctes :

a. Une période de désagrégation du caoutchouc gonflé à l'état de gelée en suspension dans le xylène; cette période se prolonge d'autant plus que la concentration est plus grande (exemple : 320 heures pour la solution à 5,12 pour 100 et 110 heures pour celle à 2,88 pour 100.

b. Une période de dégradation moléculaire qui succède à la précédente pendant laquelle la viscosité de la solution se rapproche de plus en plus de celle du solvant en suivant la loi hyperbolique précédemment observée.

En outre, pour le xylène il existe une température au delà de laquelle il y a pyrolyse du caoutchouc; ainsi que nous l'avons signalé, dans notre expérience à 140°, cette pyrolyse se manifeste par une coloration brune prise par la solution accompagnée d'une odeur caractéristique. Ces phénomènes ne se produisent pas à 95°. Le début de la pyrogénation dans le xylène commence donc entre ces deux températures.

Les points singuliers des courbes de viscosité des solutions chauffées correspondent à des valeurs de cette dernière et à des durées de chauffage qui sont d'autant plus élevées que la concentration est plus grande. On ne peut donc les attribuer à une anomalie qui disparaîtrait pour une valeur déterminée de l'un ou de l'autre de ces deux facteurs seuls. Il semble ainsi probable que la loi hyperbolique ne commence à représenter correctement la dégradation, quelle que soit la concentration, que lorsque les molécules sont devenues assez petites pour acquérir entre elles une indépendance qu'elles ne possédaient pas avant.

Dans cette seconde période, on peut représenter la viscosité par la formule déjà indiquée

$$\eta - 1 = \frac{A}{t + \theta},$$

les valeurs des paramètres, pour trois des solutions dont le chauffage a été poursuivi assez longtemps, sont les suivantes :

Solution à 5,12 pour 100......	$A = 3658$	$\theta = -181$
» 2,88 »	$A = 1401$	$\theta = -47,6$
» 0,99 »	$A = 92,9$	$\theta = -27,7$

Le chauffage à 95° de ces trois solutions a duré en tout 872 heures. Mais

l'origine de la courbe hyperbolique est située pour chacune d'elles à un nombre d'heures effectives donné par la valeur de θ compté positivement. On est ainsi amené à conclure dans le cas, par exemple, de la solution à 0,99 pour 100, que les déterminations faites avant 27 heures de chauffage appartiennent à la première période. Ceci montre que les mesures de viscosité effectuées dans toutes nos expériences, aprés des temps courts de chauffage, donnent des valeurs trop faibles, même pour les solutions à 2 et 1 pour 100 environ et explique l'existence du point singulier dont, avant d'aller plus loin, nous avons tenu à signaler l'observation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une force électromotrice de filtration de valeur anormale.* Note de MM. **L. Riéty** et **G. Salager**, présentée par M. A. Cotton.

L'un de nous [1] a montré que les forces électromotrices obtenues par écoulement dans un tube de verre ordinaire de solutions de sels mercuriques, chlorure ou cyanure, sont bien plus grandes que celles que donnent les solutions d'autres sels.

Ceci permet d'établir un montage simple, puisqu'on peut utiliser des pressions inférieures à la pression atmosphérique et que l'emploi d'électrodes en mercure permet d'éviter toute complication due à la polarisation des électrodes.

A l'aide d'une trompe à eau on établit à l'une des extrémités d'un tube de verre effilé une pression déterminée. L'autre extrémité plonge dans le liquide soumis à la pression atmosphérique. Le liquide s'écoule sous une pression égale à la différence des deux précédentes. Le tube de verre employé était un tube de verre pyrex, et les solutions, des solutions de cyanure mercurique. Les mesures étaient faites par la méthode ordinaire en utilisant un électromètre capillaire.

Si les conditions d'écoulement satisfont à la loi de Poiseuille la force électromotrice de filtration E est toujours proportionnelle à la pression P sous laquelle le liquide s'écoule. Pour les différentes concentrations C, exprimées en grammes de sel par litre de solution, elle a les valeurs suivantes pour une pression P égale à $74^{cm},5$ de mercure

C.	1.	5.	10.	20.	30.	50.	75.	100.	200.
E (volts).....	3,025	2,015	1,418	0,955	0,875	0,815	0,756	0,691	0,650

(1) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 2026.

On voit que dans ce cas le quotient $\frac{E}{P}$ varie suivant la concentration, de quelques volts-atm^{-1} à 0,5 volt-atm^{-1}, alors que pour les autres sels, il est de l'ordre du millivolt-atm^{-1}.

Le chlorure mercurique donne également des f. e. m. anormalement élevées; elles sont environ un quart de celles que donne le cyanure mercurique.

La nature du tube où se produit l'écoulement semble peu intervenir dans le phénomène : le verre ordinaire, le pyrex et le quartz ont donné des résultats du même ordre de grandeur.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action d'une différence de potentiel continue sur l'acétone et l'éther.* Note de M. **J. Sambussy**, présentée par M. A. Cotton.

La variation en fonction du temps t de l'intensité i du courant qui traverse une colonne d'acétone soumise à une différence de potentiel continue est représentée par l'équation $i - i_\infty = (i_0 - i_\infty)e^{-kt}$, i_0 est l'intensité initiale [1]. L'intensité limite i_∞ est obtenue d'autant plus rapidement que la tension est plus élevée. Je me suis proposé d'étudier cette question de plus près en prenant comme liquide l'acétone et l'éther.

I. — 1° Avec l'acétone on constate que le rapport de la différence de potentiel v appliquée aux électrodes à l'intensité limite i_∞, est constant, la résistance apparente r de la colonne d'acétone est donc bien définie et le courant limite suit la loi d'Ohm. Ainsi, lorsque la différence de potentiel croît de 80 volts à 4000 volts, les valeurs suivantes sont constatées :

v (volts)............	80	160	240	320	400	960	2000	4000
i_∞ (micro-amp.)......	90	180	270	360	450	1072	2258	4508

2° Quand le courant limite i_∞ a été atteint, si l'on supprime la différence de potentiel v et si l'on relie un galvanomètre aux électrodes de la cuve contenant l'acétone, on observe un courant de dépolarisation i_D de sens inverse au courant limite i_∞. Ce courant de dépolarisation présente les caractères suivants : il diminue d'abord rapidement (pendant les vingt premières minutes, par exemple, il est passé de 156.10^{-8} amp. à 75.10^{-8} amp.); puis il a baissé lentement mettant 72 heures pour passer de 75.10^{-8} amp.

(1) Reboul et Sambussy, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 490.

à 35.10^{-8} amp. et ne s'annule qu'au bout de plusieurs jours, les électrodes étant constamment en court circuit; avant de s'annuler le courant de dépolarisation change de sens.

On peut calculer la valeur de la f. e. m. e donnant naissance au courant de dépolarisation i_D. Lorsque le courant limite est obtenu la cellule a une résistance apparente définie par la loi d'Ohm $r = \frac{v}{i_x} = \frac{8}{9}10^6$. D'autre part, si l'on admet, lorsque le courant de dépolarisation prend naissance que la résistance de la cellule n'est pas modifiée, on trouve pour la force électromotrice de polarisation $e = ri_D = \frac{8}{9}10^6.156.10^{-8} = 1,4$ volt. Ainsi la polarisation des électrodes serait une polarisation d'origine électrolytique due probablement aux traces d'eau contenues dans l'acétone.

Quant aux particularités que nous venons de signaler elles présentent la plus grande analogie avec celles que l'on met en évidence quand on étudie les courants de dépolarisation d'un électrolyte avec un oscillographe [1].

4° L'étude de la répartition de potentiels au moyen d'électrodes indique une répartition linéaire des potentiels dans la masse du liquide avec des chutes aux électrodes relativement peu importantes (40 volts pour 300 volts appliqués aux électrodes).

II. — Un échantillon d'éther pur et soumis à des tensions variant de 1000 à 6000 volts a présenté les mêmes phénomènes que ceux précédemment décrits : les traces d'eau semblent jouer encore ici le rôle essentiel. Mais si l'on élimine les traces d'eau les phénomènes changent d'allure.

1° L'intensité diminue faiblement avec la durée de passage du courant.

2° Les chutes de potentiel qui viennent se localiser aux électrodes, et que les sondes révèlent, augmentent considérablement; par exemple :

Différence de potentiel aux électrodes.....	960^{v}	1440^{v}
Chute à l'anode........................	220	320
Chute à la cathode.....................	700	1000

L'élimination de l'eau change donc la nature du phénomène : avec des traces d'humidité nous avons les caractères d'un électrolyte; l'eau étant éliminée le mieux possible nous tombons sur les caractères des substances semi-conductrices avec chutes considérables de potentiel aux électrodes et émission probable d'un rayonnement.

(1) ROTHÉ, *Thèse*, 1904 (*Annales de Chimie et de Physique*, 8e série, 1, 1904, p. 215).

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une méthode d'étude de la décomposition des cotons-poudres à la température ordinaire*. Note de M. **Maurice Lambrey**, présentée par M. Ch. Fabry.

Les différentes méthodes actuellement existantes pour l'essai des cotons-poudres reposent toutes sur l'étude d'une décomposition à une température relativement élevée, en général notablement supérieure à 65°C. On peut se demander jusqu'à quel point la stabilité d'un produit nitré à la température ordinaire peut se déduire d'une telle étude et il paraît hautement désirable d'établir une méthode d'essai qui puisse être mise en œuvre aux environs de 30°C.

Il s'agit alors de pouvoir mettre en évidence de très faibles quantités de produits nitreux, peroxyde d'azote ou oxyde azotique. Si l'on se reporte aux mesures de Will (1) et qu'on admette son extrapolation aux basses températures, on trouve que, selon cet auteur, 1^g de coton-poudre à 13,1 pour 100 d'azote, amené à l'état limite de stabilité, dégagerait, à 30°C., sous forme de produits nitreux, environ $6,25.10^{-7}$ mg d'azote en 100 jours, ce qui correspond à la destruction du millième du coton-poudre présent en 70 ans environ. Si la réaction a lieu en présence des produits de décomposition, on peut admettre, d'après Robertson (2), que les trois quarts de l'azote dégagé se trouvent à l'état d'oxyde azotique et il en résulte qu'à 30°C., en 100 jours, 1^g de coton-poudre à l'état limite dégagerait environ 8.10^{-7} cm^3 d'oxyde azotique, mesuré dans les conditions normales.

De telles quantités d'oxyde azotique peuvent être mises en évidence si l'on met à profit l'existence des lois exceptionnelles auxquelles obéit la densité optique relative aux bandes d'absorption γ de ce gaz.

On sait que (3) si, à une masse constante d'oxyde azotique, enfermée dans un tube déterminé, on ajoute un gaz inerte, transparent, quelconque, l'intensité des bandes d'absorption γ de NO augmente considérablement. Le calcul montre par exemple que, la pression initiale de NO étant $\frac{1}{100}$ de millimètre de mercure, le coefficient d'absorption de ce gaz se trouve multiplié par environ 120 lorsqu'on lui ajoute de l'hydrogène de façon que la

(1) Will, *Untersuchungen über die Stabilität von Nitrocellulose*. Neubabelsberg, Berlin, 1903.

(2) Robertson, *Journ. of the Chem. Soc.*, 91, 1907, p. 761 et 764.

(3) Lambrey, *Ann. der Phys.*, 14, 1930, p. 95.

pression du mélange atteigne 1^{atm}. Il m'a été possible de cette façon de mettre nettement en évidence, dans un tube de longueur 160^{mm}, l'existence d'oxyde azotique sous une pression n'excédant pas 2^{μ} de mercure.

Pratiquement, le coton-poudre en expérience est placé dans un tube scellé présentant deux fenêtres de quartz permettant l'étude du spectre d'absorption de l'atmosphère interne. Après avoir fait un vide soigné pendant plusieurs dizaines d'heures, le tube est fermé et placé dans une étuve. Au sortir de celle-ci l'examen du spectre se fait après introduction d'hydrogène sous la pression 1^{atm}.

La discussion des conditions du maximum de sensibilité conduit à réduire au minimum le volume offert au gaz dégagé; mais il y a lieu de tenir compte de ce qu'un volume nuisible, irréductible, se trouve à l'intérieur du coton-poudre lui-même. Il est à peu près la moitié du volume apparent occupé par ce dernier. On peut alors démontrer, qu'étant donnée une masse déterminée de coton-poudre, le maximum de sensibilité est obtenu lorsque la cellule d'absorption, aussi longue et étroite que la commodité des mesures optiques le permet, doit avoir un volume égal à la moitié de ce volume nuisible.

Un tube répondant à ces conditions aura par exemple les caractéristiques suivantes : volume occupé par le coton-poudre, 8^{cm^3}; cellule d'absorption, longueur, 160^{mm}; diamètre, 4^{mm}; masse de coton-poudre étudiée, $7^{g},2$; volume minimum d'oxyde azotique décelable 6^{cm^3}, sous 2^{μ}, soit 27.10^{-7} cm^3 mesurés sous la pression atmosphérique. Le contrôle des résultats de l'extrapolation de Will est alors possible.

Les résultats obtenus jusqu'à présent sont des plus encourageants. Des dégagements d'oxyde azotique à 30° C ont pu être mis en évidence pour divers échantillons de coton-poudre très soigneusement purifiés et pour un échantillon de tétranitropentaérythrite. Des essais en cours permettront de préciser s'il s'agit bien de la décomposition de ces substances elles-mêmes ou de celle de traces de produits plus instables qui s'y trouveraient mélangés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le mode d'action des catalyseurs déshydratants dans le cracking hydrogénant des phénols*. Note de MM. **André Kling** et **Daniel Florentin**, présentée par M. Camille Matignon.

Nous avons fait connaître ([1]) le mécanisme du cracking hydrogénant et indiqué que l'hydrogénation des molécules organiques lourdes n'était possible qu'autant qu'elle s'accompagnait d'une scission des dites molécules, sous l'action de la chaleur.

Quand les molécules sont stables à haute température nous avons préconisé l'emploi de catalyseurs susceptibles de diminuer leur stabilité et d'abaisser leur seuil de décomposition.

Dans le cas des phénols, on parvient à ce résultat, en faisant intervenir des *catalyseurs déshydratants* qui déterminent le départ des groupes hydroxylés. C'est ainsi que nous avons pu transformer le phénol ordinaire en benzène, en faisant agir sur lui l'hydrogène sous haute pression (200^{atm}) à une température de 470-480°, en présence de catalyseurs déshydratants tels que l'alumine, la thorine, l'oxyde de chrome, etc.

Depuis nous avons découvert que les propriétés catalytiques de ces oxydes étaient profondément modifiées suivant la température à laquelle on portait ces oxydes, avant de les utiliser. D'une façon générale, contrairement à ce que l'on pourrait supposer, leur activité est notablement accrue quand ces catalyseurs sont chauffés préalablement à une haute température (750° par exemple).

C'est ainsi qu'un échantillon d'alumine pure, séchée à 150°, ne transforme, en 4 heures, à 485°, que 45 pour 100 du phénol en benzène mais, si l'on porte cette alumine à 750°, la transformation du phénol, dans les mêmes conditions atteint 75 pour 100 au moins; en même temps la durée d'utilisation du catalyseur est augmentée; en un mot un catalyseur préparé à haute température est plus actif et plus robuste qu'un autre obtenu à plus basse température.

Il en est de même dans le cas de l'oxyde bleu de molybdène (Mo^2O^5), qui, comme nous l'avons reconnu, transforme aisément le phénol en hydrocarbures légers, mais par un mécanisme différent. Cet oxyde qui, préparé à basse température, est surtout doué de propriétés hydrogénantes,

---

([1]) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 389 et 526.

voit son activité déshydratante s'accroître considérablement quand il est préparé à haute température et, alors qu'auparavant il fournissait principalement de l'hexane et du cyclohexane, il donne, après chauffage, des hydrocarbures riches en benzène.

Nos études nous ont montré que, dans ce type de catalyse, le catalyseur agit surtout par *surface*, autant que chimiquement; l'élévation de température détermine un départ d'eau combinée et augmente ainsi sa porosité et son pouvoir adsorbant. Il est aisé de le vérifier en comparant son pouvoir décolorant vis-à-vis, par exemple, du bleu de méthylène; l'alumine, chauffée à 750°, possède une activité au moins double de celle de l'alumine séchée à 110-120° et le pouvoir adsorbant de ce catalyseur mesure assez bien son pouvoir catalytique de déshydratation.

En résumé, pour transformer les phénols en hydrocarbures benzéniques, à peu près purs, il sera avantageux d'utiliser des catalyseurs déshydratants (alumine, oxyde chromé, etc.) préparés à haute température (750°) sous des pressions d'hydrogène moyennes, mais telles que l'hydrogène mis en œuvre représente 6 à 7 pour cent du poids total du phénol.

Résultats numériques obtenus dans une bombe de laboratoire de 2 litres.

Catalyseur.	% de H^2.	Température maxima.	Durée de la réaction.	Pression maximum en kg/cm².	Rendement % en hydrocarbures légers.	Densité des hydrocarbures à 15°.
Al^2O^3 séchée à 150°..	9,0	485°	4h.00m	260	37,0	0,868
Al^2O^3 séchée à 750°..	9,0	490	3.00	330	54,5	0,863
Tu^2O^5 ord..........	9,0	485	3.00	325	39,6	0,860
Tu^2O^3 activé........	9,0	485	3.00	320	58,0	0,856
Mo^2O^5 ord..........	11,5	490	0.60	298	72,0	0,804
Mo^2O^5 activé........	9,0	489	0.50	296	64,0	0,820

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'autoxydation de l'acide urique en présence d'amines.* Note [1] de M. **Frèrejacque**, présentée par M. R. Fosse.

I. Nous avons montré récemment [2] que l'autoxydation des solutions alcalines d'acide urique était remarquablement catalysée par le charbon

(1) Séance du 3 novembre 1931.

(2) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 949.

activé; l'emploi de concentrations convenables de charbon permet de fixer en quelques minutes 2 atomes d'oxygène par molécule d'acide urique. Piaux ([1]) a montré qu'au contraire l'emploi du lactate de manganèse comme catalyseur permettait de fixer un seul atome d'oxygène par molécule d'acide urique. En réalité nous avons constaté qu'on pouvait remplacer le lactate de manganèse par du bioxyde de manganèse, de la pyrolusite pulvérisée par exemple; on peut obtenir un catalyseur très actif en ajoutant une trace de MnO^4K à la solution à oxyder. L'emploi de MnO^2 préparé à partir de MnO^4K nous a ainsi permis de terminer l'autoxydation des solutions alcalines d'acide urique en 5 à 10 minutes. L'acidulation des solutions oxydées donne naissance à un dépôt d'allantoïne.

II. On admet généralement que le passage de l'acide urique à l'allantoïne se fait par l'intermédiaire de corps instables qu'on n'a pu isoler. Nous avons cherché à mettre en évidence ces intermédiaires en tentant de les bloquer lors de leur apparition au moyen d'un réactif convenable. Pour cela nous avons agité en présence de O^2 et de MnO^2 des solutions alcalines d'acide urique auxquelles nous avions ajouté préalablement un réactif que nous pensions susceptible de capter un terme intermédiaire d'oxydation. L'oxydation en présence d'aniline s'est révélée particulièrement intéressante.

Par exemple, on agite, dans une atmosphère de O^2, le mélange suivant : $KOH\,n$: 100^{cm^3}; acide urique : $4^g,2$; aniline 3^g; MnO^4K $0^g,05$. Il y a absorption de 140^{cm^3} de O^2 en 6 minutes. L'oxydation est alors terminée. Après filtration de MnO^2, le filtrat est acidulé ($CH^3.CO^2H$); il précipite immédiatement un uréide visiblement différent de l'allantoïne.

Recristallisé rapidement dans un grand excès d'eau bouillante, cet uréide se présente en longues aiguilles brillantes se décomposant vers 290° (bloc Maquenne) auxquelles l'analyse assigne la formule $C^{10}H^{11}N^5O^2$. Ce corps est soluble dans la potasse et les acides minéraux étendus, mais insoluble dans l'ammoniaque et l'acide acétique. Les solutions acides laissent déposer rapidement des cristaux d'allantoïne, avec mise en liberté corrélative d'aniline. Il y a eu hydrolyse :

$$C^{10}H^{11}N^5O^2 + H^2O = C^4H^6N^4O^3 + C^6H^5.NH^2.$$

III. On peut obtenir de la même façon des uréides analogues en remplaçant l'aniline par la para ou la métatoluidine; le dérivé de la para-

([1]) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 782.

toluidine (aiguilles brillantes) est encore moins soluble dans l'eau que le dérivé de l'aniline; celui de la métatoluidine (feuillets nacrés) est plus soluble. Ces deux uréides se décomposent tous deux vers 290° : l'analyse leur assigne la formule $C^{10}H^{13}N^5O^2$.

On ne peut obtenir de dérivé analogue avec l'orthotoluidine; sans doute s'agit-il ici d'un cas d'empêchement stérique.

IV. Nous avons de même oxydé l'acide urique en présence de pipéridine pour voir si une amine secondaire était susceptible de s'unir au corps intermédiaire d'oxydation envisagé; on peut d'ailleurs ici oxyder en l'absence d'alcali, puisque l'acide urique est soluble dans la pipéridine aqueuse; l'autoxydation est alors plus longue et n'est achevée qu'au bout d'une heure environ. La solution autoxydée laisse alors déposer directement (sans acidulation) un uréide cristallisé en lamelles losangiques se décomposant vers 280°. Cet uréide est nettement plus basique que le dérivé correspondant de l'aniline. Il est soluble dans les acides faibles (acétique, tartrique) et les solutions obtenues laissent lentement déposer de l'allantoïne; il est insoluble dans la potasse diluée, et l'ammoniaque. Il se comporte comme une véritable amine tertiaire donnant un chloroplatinate.

$PtCl^6H^2.2C^9H^{15}N^5O^2$, cristallisé en lamelles assez solubles se décomposant à 280°, un picrate $C^6H^2(OH).(NO^2)^3.C^9H^{15}N^5O^2$, en prismes peu solubles se décomposant à 240°, un perchlorate $ClO^4H.C^9H^{15}N^5O^2$, en prismes assez solubles se décomposant à 270°.

V. Les uréides que nous avons obtenus sont évidemment des homologues de l'imino-allantoïne de Denicke (1) préparée par oxydation des suspensions d'acide urique dans l'ammoniaque; nous avons d'ailleurs retrouvé le corps de Denicke en remplaçant dans nos expériences l'aniline par l'ammoniaque.

Denicke envisageait pour son iminoallantoïne les formules I et II :

$$CO\langle\begin{matrix} NH - C(NH^2) - NH \\ | \\ NH - CH ——— NH \end{matrix}\rangle CO \qquad CO\langle\begin{matrix} NH - CH - NH.CONH^2 \\ | \\ NH - C = NH \end{matrix}$$

I. II.

La formule II ne permettant pas d'expliquer la formation d'un dérivé pipéridinique, nous devons donc adopter pour les uréides obtenus avec l'aniline et la pipéridine les schémas III et IV qui en font des dérivés d'une

(1) *Lieb. Ann.*, 349, 1906, p. 269.

isoallantoïne V :

$$CO\begin{array}{l} \diagup NH - C(NH.C^6H^5) - NH \diagdown \\ \qquad\qquad | \\ \diagdown NH - CH \text{—————————} NH \diagup \end{array}CO \qquad CO\begin{array}{l} \diagup NH - C(NC^5H^{10}) - NH \diagdown \\ \qquad\qquad | \\ \diagdown NH - CH \text{—————————} NH \diagup \end{array}CO$$

III. IV.

$$CO\begin{array}{l} \diagup NH - C(OH) - NH \diagdown \\ \qquad\qquad | \\ \diagdown NH - CH \text{—————} NH \diagup \end{array}CO$$

V.

VI. Nos expériences semblent donc bien indiquer que la formation de l'allantoïne, lors de l'oxydation de l'acide urique, est précédée de l'apparition transitoire d'une isoallantoïne. Il existe d'ailleurs certainement un autre corps intermédiaire entre l'isoallantoïne et l'acide urique; en effet nous avons pu constater que lorsqu'on oxyde par notre procédé une solution *alcaline* d'acide urique en présence de pipéridine, la solution oxydée ne laisse pas déposer l'uréide IV, qui est cependant insoluble dans la potasse, mais cet uréide précipite au contraire si la solution oxydée est d'abord acidulée, puis alcalinisée par l'ammoniaque. Il en faut donc conclure que la formation d'isoallantoïne est précédée de l'apparition d'un uréide qui n'est stable qu'en milieu très alcalin, hypothèse qui est en accord avec ce qu'on sait de la formation des uroxanates lors de l'oxydation de l'acide urique.

GÉOLOGIE. — *Sur l'extension des roches éruptives grenues dans l'archipel de Kerguelen.* Note (1) de M. E. **Aubert de La Rüe.**

J'ai pu, en 1931, au cours d'une mission dont m'avait chargé le Gouvernement général de Madagascar, poursuivre l'exploration géologique de l'archipel de Kerguelen, commencée lors d'un précédent voyage, en 1928. De nombreuses reconnaissances à l'intérieur du pays, notamment dans les grandes péninsules du Sud m'ont permis de faire des constatations nouvelles sur la constitution de ces îles australes.

On sait que ces îles se sont édifiées à la suite d'épanchements basaltiques succédant à des éruptions trachytiques et phonolitiques. La présence de certaines roches éruptives grenues, rencontrées jusqu'ici isolément et d'une façon toute accidentelle, montre que cet archipel n'est pas de formation exclusivement volcanique.

(1) Séance du 3 novembre 1931.

En 1874 Studer découvrit à l'est du mont Crozier une diorite micacée, décrite par Roth [J. Roth, *Ueber die Gesteine von Kerguelen-Land* (*Monatsber. d. k. Akad. Wissensch. Berlin*, 1875, p. 723-735)]. Plus récemment M. A. Lacroix, étudiant des roches rapportées par M. Rallier du Baty puis par M. Peau, signalait la présence de diverses roches à feldspathoïdes (essexite, syénites néphéliniques) dans le nord du pays et dans le sud celle de granites et de syénites hyperalcalines (¹) et d'une eucrite, ainsi que de roches volcaniques très modifiées, à facies de spilites, indiquant l'existence d'une série volcanique plus ancienne que celle constatée jusqu'alors.

J'ai pu, à mon tour, découvrir sur ces îles de nombreuses roches grenues appartenant à des types variés et se présentant de façons très différentes. Certaines sont en place, formant des massifs montagneux importants; d'autres en enclaves dans les roches volcaniques. Ailleurs on les rencontre en galets dans certains conglomérats fluviatiles et en blocs erratiques dans d'anciens dépôts morainiques.

J'ai constaté ces roches en place, dans le sud-ouest de l'archipel, où elles forment une partie des montagnes entre le cap Bourbon et le cap Dauphin; elles se poursuivent du reste à l'intérieur des terres où leur étude devient difficile du fait de la grande extension des glaces. J'ai recueilli notamment, dans les hauteurs entourant l'anse du Gros-Ventre, des granites alcalins, des syénites alcalines, des monzonites et surtout des diorites micacées; les gisements en place sont ceux dont proviennent les roches recueillies à l'état de blocs par M. Peau. Ces roches sont ici traversées par de nombreux filons (microgranite calco-alcalin, micromonzonite, microsyénite, dolérite, trachyte alcalin, etc.).

J'ai pu pénétrer dans le massif du mont Ross, demeuré complètement inexploré, et découvrir dans le cratère de cet ancien volcan, en grande partie recouvert de glaciers, des syénites, des diorites et des gabbros micacés, en enclaves dans les laves trachytiques et andésitiques.

Les épanchements basaltiques, un peu à l'est du Dôme Rouge, m'ont également fourni des enclaves intéressantes, de nature très basique. Ce sont des blocs arrondis, peu volumineux mais très nombreux, de gabbros, de plagioclasites, de péridotites et de pyroxénolites à augite.

(¹) A. Lacroix, *Sur l'existence de roches néphéliniques grenues dans l'Archipel de Kerguelen* (*Comptes rendus*, **160**, 1918, p. 187); *Les roches éruptives grenues de l'Archipel de Kerguelen* (*Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 113).

Au sud-est de Port-Jeanne d'Arc, loin de la pointe de la Géodésie, à la cote 100, apparaissent des conglomérats fluviatiles, compris entre des basaltes. J'y ai observé de nombreux galets de syénite et de monzonite.

La côte occidentale, difficilement accessible, dont la géologie demeurait inconnue, ne m'a guère donné d'indications intéressantes ; les glaciers, très développés, s'avancent parfois jusqu'à la mer et la côte, là où elle est libre de glace, apparaît basaltique. Les dépôts morainiques que j'ai examinés, montrent que l'arrière pays est de même nature. Je n'ai rencontré, comme roche grenue dans toute cette région, qu'un bloc de gabbro micacé, d'origine erratique sur l'île de l'Ouest.

Les moraines de la baie de la Mouche, dans le sud du pays, fournissent des précisions intéressantes sur la région qui s'étend immédiatement au Nord, recouverte par la Grande Arête de Glace ; il doit exister là des massifs de syénites alcalines et de diorites, si j'en crois les nombreux échantillons abandonnés par les glaciers sur les pentes ouest du mont des Rafales.

De part et d'autre de la baie des Swains, sur les hauts plateaux basaltiques des péninsules Joffre et Galliéni, entre 600 et 800 mètres d'altitude, apparaissent, à l'état de blocs erratiques, des gabbros, accompagnés de microgabbros et de dolérites ; ces roches, profondémment chloritisées et ouralitisées, semblent appartenir à une série éruptive assez ancienne.

Sur les pentes du même fjord, à des altitudes moindres, j'ai rencontré dans d'anciennes moraines, d'autres gabbros, des diorites et des syénites alcalines.

Ces dernières roches notamment, ne sont pas rares dans les montagnes de la péninsule Joffre, mais toujours à l'état isolé et jamais je n'ai pu les retrouver en place dans cette région ; elles appartiennent à des formations morainiques, témoignant de l'ancienne extension des glaciers, lors de la grande glaciation quaternaire. Dans ces mêmes montagnes, mais au-dessus de 500^{m} apparaît, dans les mêmes conditions, une roche assez particulière. Il s'agit d'une syénite à grain fin, très quartzique et pauvre en éléments colorés, rappelant assez les nordmarkites.

Les roches éruptives grenues semblent donc jouer un rôle assez important dans la constitution de l'archipel de Kerguelen. La région du Sud-Ouest, où je les ai observées en place est malheureusement l'une des plus difficile à explorer, par suite de l'extension des glaciers ; il en est de même du centre

du pays où ces roches et en particulier les syénites alcalines doivent former des massifs assez importants si l'on en juge par le nombre des blocs erratiques rencontrés dans les régions avoisinantes.

L'âge de ces roches grenues, de même que leur relation avec les roches volcaniques visibles un peu partout, demeurent difficile à préciser. Je crois néanmoins qu'elles sont en relation avec une série éruptive assez ancienne, antérieure aux grands épanchements basaltiques, d'âge tertiaire.

GÉOLOGIE. — *Sur le prolongement vers l'ouest de la zone disloquée située au nord de la chaîne de la Marche.* Note de M. **Yang Kieh**.

Pendant les vacances dernières, j'ai continué à explorer la terminaison occidentale de la chaîne de la Marche, depuis le méridien Vareilles-la-Souterraine jusqu'à celui de Brigueil-Tersanne (limite des terrains cristallins et sédimentaires). La zone disloquée, signalée antérieurement [1], se prolonge dans ce secteur où elle est encore plus nette que dans la partie orientale.

Cette zone accidentée venant de l'Est, où elle passe au sud de Dun-le-Palleteau, est décrochée horizontalement de 1800^m vers le Sud au niveau de Saint-Léger-Bridereix. Ce déplacement, de direction S. 15°W., a été accompagné de phénomènes de broyage. Il y a, en effet, le long de la fracture des produits de remplissage, des mylonites, des filons de quartz et de granulite, etc. De là vers l'Ouest, la zone d'écrasement principale se continue normalement tant dans les granites à muscovite que dans le bord du massif de granite à biotite de Guéret. Mais le phénomène de laminage devient moins marqué dans le secteur Vareilles-Cromac.

Dans cette dernière région, la bande de granite à muscovite suivie depuis le sud de Bonnat s'étale au nord et en même temps, se rattache vers le sud à la terminaison du grand massif granulitique de la Haute-Vienne, qui longe le bord nord-ouest du grand massif granitique de Guéret. Cette bande de granite à muscovite contenant abondamment des enclaves gneisso-granitiques, s'étend sur une surface d'une dizaine de kilomètres carrés qui est

---

[1] Mouret, *Comptes rendus* 129, 1928, p. 1416 ; Mouret et Raguin, *ibid.*, 182, 1926, p. 228 ; Raguin, *B. S. G. F.*, 29, 1925-1926, p. 218 ; 30, 1927, p. 459 et 467 ; Yang Kieh, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 836 ; *B. S. G. F.*, 4e série, 30, 1930, p. 461 ; *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 970.

coupée obliquement du Sud-Est au Nord-Ouest par la grande dislocation en question. On peut penser que le Massif de la Haute-Vienne, venant de la Bretagne, se bifurque en deux branches : l'une se dirige vers le Sud, l'autre à l'Est vers la Marche. Mais on peut supposer aussi que les deux longs massifs de la Marche et de la Haute-Vienne se croisent dans cette région. Car sur la carte géologique que j'ai tracée récemment, on voit que la Marche, modifiant sa direction principale E.N.E., se continue vers l'W.N.W. et que le massif de la Haute-Vienne abandonnant la direction méridienne se prolonge plus loin au N.E. de la précédente.

La géologie de ce massif gneisso-granitique, décrit ci-dessus se présente de la manière suivante :

1° Des bandes ou zones de roches cristallophylliennes montrent toutes la direction W.N.W.-E.S.E. : la plus grande, celle d'Arnac-la-Poste, s'étend sur 2 km. de large et 11 km. de long, et se compose de gneiss à cordiérite et à nodules de minéraux ferro-magnésiens. Ces roches sont abondamment sillonnées par des filons de granulite, le passage de cette dernière roche aux gneiss est insensible.

2° Des lentilles de granites appartenant soit à des types filoniens, soit à des enclaves.

3° De petits masifs de granites porphyroïdes, les uns contenant de la muscovite et se rapprochant de la granulite, les autres caractérisés par la présence de la biotite (massif de Saint-Hilaire).

4° Des filons de pegmatite graphique, d'aplite, etc.

5° De la serpentine se trouve au centre du massif granitique de Saint-Hilaire.

6° Des granites à muscovite qui comprennent l'ensemble des terrains décrits dans les paragraphes précédents représentent la masse principale.

Par suite des mouvements tectoniques, ces terrains montrent, soit une stratification, soit une fausse stratification ayant partout la direction W.N.W.-E.S.E. (suivant la ligne de Saint-Aignan à Cromac). L'écrasement se trouve sur une très large zone et, entre ces deux communes, présente toujours une continuité parfaite.

A partir du sud-est de Cromac, le phénomène de laminage reparaît intensivement. Grâce au creusement de la vallée de la Benaise, la mylonitisation se montre encore mieux que dans les autres régions de la chaîne; cette rivière se place à cheval sur l'accident considéré. D'un côté, au Sud-Sud-Ouest, on voit des granulites laminées; de l'autre côté, au Nord-Nord-Est, se trouvent des gneiss laminés. Cette zone laminée est identique à

celles qui se situent au sud de Dun-le-Palleteau, de Bonnat, de Chatelus-Malvaleix, etc. Elle se prolonge vers l'Ouest en passant par Jouac, au sud de Saint-Martin, jusqu'au sud de Brigueil où le recouvrement des terrains secondaires ne permet pas de poursuivre sa continuation. L'amplitude de cette bande laminée dépasse 3^{km} de large et 20^{km} de long.

Les terrains situés au Nord de cette fracture sont des schistes cristallins avec des bandes de roches amphiboliques : amphibolite, granodiorite, granite porphyroïde à amphibole, etc. (de Jouac à Coulonge en passant par Bonneuil). Au Sud-Sud-Ouest sont des granulites contenant des massifs de granites : de Saint-Léger-Magnazeix, de Tersanne, de Dompière, etc. qui occupent tous une surface de plusieurs kilomètres carrés. Dans ce massif grano-granulitique se trouvent plusieurs fractures en direction N.W.-S.E., la plus grande est celle de Saint-Hilaire à Lussac.

En résumé, cette grande zone disloquée se suit avec des sinuosités sur une longueur de plus de 150^{km}, en partant de la limite du département de la Vienne et de la Haute-Vienne jusqu'à la vallée du Cher où elle bute contre le massif d'Hérisson (Allier); sa largeur atteint parfois une dizaine de kilomètres. Cette région écrasée comprend la partie méridionale du Plateau d'Aigurande et la presque totalité de la Chaîne de la Marche. C'est donc l'un des très importants accidents tectoniques du Massif central français.

GÉOLOGIE. — *Sur la stratigraphie des formations sédimentaires de la province d'Analalava (nord-ouest de Madagascar).* Note de M. **Henri Besairie**, présentée par M. Ch. Jacob.

Le nord de la province d'Analalava a été exploré sommairement, il y a une trentaine d'années, par Baron, Colcanap et P. Lemoine. Au cours des derniers mois, j'ai étudié et cartographié l'ensemble de la province et reconnu la succession suivante :

1° *Karroo.* — Le terme inférieur de la série sédimentaire, reposant en discordance sur des gneiss arrasés, est représenté par des grès à stratification oblique et par des argiles du groupe de l'Isalo (bois silicifiés, lignites). Il s'y trouve une mince intercalation calcaire, sans fossiles.

2° *Lias supérieur, Bajocien ?* — A la base, calcaires à Rhynchonelles, grès à ossements, puis argiles et grès à stratification oblique, marnes à ossements de Dinosauriens.

3° *Bathonien.* — Calcaires à *Corbula grandidieri* Newton, *Pseudotrapesum* sp.

4° *Callovien.* — *a.* Calcaires et argiles à *Macrocephalites madagascariensis* Lemoine, *Pleurocephalites* sp., *Indocephalites* sp., *Indoscaphites urbanus* Spath, *Perisphinctes recuperoi* Gemm., *Holcophylloceras mediterraneum* Neumayr, *Ptychophylloceras feddeni* Waag., *Alcidia* sp., *Belemnopsis calloviensis* Oppel, *Alectryonia gregarea* Sow., *Pygurus depressus* Ag., *Rhynchonella füscheri* Rouiller. — *b.* Argiles à *Belemnites calloviensis.* — *c.* Banc de calcaire jaune à *Aspidoceras* sp., *Peltoceras* sp., *Reineckeia* sp.

5° *Grès et argiles.* — Rares fossiles, *Hibolites flemingi* Spath.

6° *Kimeridgien.* — Marnes à *Aspidoceras* sp., *Waagenia* sp. et argiles à *Belemnites.*

7° *Tithonique.* — *a.* Calcaires et argiles à *Streblites* sp. — *b.* Marnes et argiles à *Haploceras deplanatum* Oppel, *Hecticoceras kobelli* Oppel, *Hibolites flemingi* Spath, *H.* cf. *semisulcatum* Munster, *Duvalia* sp.

8° *Infravalanginien et valanginien inférieur.* — Argiles à *Belemnites* sp., *Duvalia dilatata* Blainv., *Duvalia sakalava* Bes. et lits de calcaires à *Hoplites* sp. avec empreinte douteuse de *Spiticeras ?*

9° *Valanginien supérieur.* — Grès glauconieux à *Rogersites schenki* Oppel, *R. sphaeroidalis* Spath., *Neocomites neocomiensis* d'Orb., *Leopoldia* cf. *submartini* Mallada, *Lytoceras* sp. (très abondants), *Belemnites* aff. *africanus* Tate, *Duvalia sakalava* Bes., *Duvalia* sp., *Pseudobelus* sp.

10° *Argiles et schistes argileux sans fossiles.*

11° *Aptien ?* — Grès et grès grossiers.

12° *Albien.* — Grès très fossilifères avec quatre niveaux. — *a. Douvilleiceras mamillare* Schl. — *b. Manuaniceras* sp. — *c.* Couches à lits de lignite. — *d. Pervinquieria varicosa* Sow., *Myloceras* sp., *Holaster van hoepeni* Bes. et Lb.

13° *Cénomanien.* — Grès à *Acanthoceras mantelli* Sow., *Acanthoceras* sp.

14° *Coulées volcaniques.* — Elles reposent parfois en discordance sur les terrains antérieurs.

15° *Turonien.* — Craie à Échinides, *Thomasites* sp., *Protocardium hillanum* Sow., *Volutoderma* sp., *Modiola typica* Forbes.

16° *Coniacien.* — Grès et sables à *Barroisiceras haberfellneri* Hauer, *Peroniceras* sp.

17° *Sénonien supérieur transgressif.* — *a.* Grès et argiles à *Pseudoschloenbachia umbulazi* Baily, *P. griesbachi* Hoepen (Campanien moyen). — *b.* Craie à *Alectryonia ungulata* Schl., *Pyonodonta vesicularis* Lmk. (niveau

d'Andrakaraka). — *c*. Craie et calcaires à *Hercoglosa danica* Schl., *Leucaster lamberti* (niveau d'Andrafiavelo).

18° *Éocène*. — *a*. Calcaires à Nummulites, *N. atacicus* Leym., *Orthophragmina colcanapi* Douv., *Alveolina* sp., Échinides. — *b*. Calcaires marneux.

19° *Sables ferrugineux*. — Formation récente sans fossiles.

20° *Quaternaire*. — A une altitude approximative de 30^m, on rencontre, sur les collines dominant la mer, des restes de coquilles peu fossilisées qui vivent actuellement dans les vases des rives à palétuviers et aussi des galets de quartz roulés.

HYDROLOGIE. — *La décrue de l'Oronte en* 1929-1930. Note [1] de M. V. **Frolow**, présentée par M. E. Fichot.

I. L'Oronte à Djisr el Hadid réalise pendant la baisse des eaux une courbe de décrue au sens de M. E. Maillet; cette courbe peut être dégagée facilement du graphique 1929-1930, car pendant la baisse des eaux elle n'a été interrompue que par la fonte des neiges, peu nombreuses cette année et par deux ondes dues au ruissellement provoqué par des averses espacées.

II. L'équation $q = Ae^{-\alpha t}$ exprime la courbe de décrue, les paramètres A et α ayant des valeurs différentes dans quatre intervalles, comme l'indique le tableau suivant :

Intervalle.	Débit.	A.	α.	Durée.	Jour.
–	82,80	–	–	–	0
I	–	82,80	0,008673	37	–
–	60,07	–	–	–	37
II	–	85,45	0,009524	33	–
–	43,87	–	–	–	70
III	–	82,65	0,009049	46	–
–	28,93	–	–	–	116
IV	–	31,42	0,0007118	56	–
–	27,80	–	–	–	172

III. Les faibles différences des valeurs des paramètres dans les trois premiers intervalles s'expliquent par l'action simultanée d'assèchement des plaines inondées et de l'augmentation du taux d'évaporation. La courbe de

(1) Séance du 3 novembre 1931.

décrue est donc caractérisée par l'existence d'un premier tronçon (intervalles I, II et III) à forte pente, suivi par un tronçon peu incliné (intervalle IV).

IV. L'explication de ce fait doit être recherchée dans la nature particulière des terrains du bassin versant de l'Oronte. En grande majorité, ce sont des calcaires fissurés, où l'eau infiltrée remplit d'une part les fissures et d'autre part, imbibe la roche elle-même. A la baisse des eaux, les fissures se libérant plus rapidement que les roches, il doit exister une tranche, à fissures évacuées, dont les roches s'égouttent dans le réseau des fissures encore noyées. Ainsi se réalise une première phase de la baisse, alimentée tant par la vidange des fissures, qui va en diminuant, que par l'égouttement des roches donnant un débit de plus en plus grand (intervalles I à III).

Le débit de l'égouttement égalant à un certain moment celui évacué par les fissures, une deuxième phase de la baisse s'établit, où l'alimentation du débit provient presque exclusivement de l'égouttement des roches (intervalle IV).

V. En admettant que le débit dû à l'égouttement est proportionnel à la masse des roches également fissurées et que le facteur de proportionnalité reste pratiquement constant pendant la première partie de la décrue, on peut résumer la répartition du débit total observé entre l'égouttement des roches et la vidange des fissures par le système d'équations suivant :

$$q = q_e + q_f,$$
$$q_e = 2,65 \times 10^{-7}\mathrm{C} - 30,09 \times 10^{-7} t^3 + 29884,19 \times 10^{-7} t^2 - 1,254\,t,$$

où C est la capacité souterraine nette libérée, donnée par l'intégrale

$$\mathrm{C} = \int_0^t \mathrm{A} e^{-\alpha t}\,dt.$$

(Dans l'établissement des expressions du débit dû à l'égouttement, il a été tenu compte des variations des pertes par évaporation révélées par la variation des valeurs des paramètres dans les trois premiers intervalles).

VI. Pour la décrue 1929-1930, la capacité nette alimentant les débits de l'Oronte à Djisr el Hadid a été de 675×10^6 m^3 dont 320×10^6 fournis par les fissures et le complément par les roches elles-mêmes. Ces deux réserves ont donc participé à part égale à la formation du volume évacué en décrue de cette année par l'Oronte.

VII. Rapportée à la surface du bassin versant, la capacité souterraine nette alimentant le débit de ce fleuve mise en jeu en 1929-1930 représente

une hauteur de pluie de 38^{mm} seulement, soit une faible partie du total des pluies qui en cette année, ont atteint 215^{mm} à Idlib et ont dépassé 800^{mm} à Antioche.

HYDROLOGIE. — *De la condensation de la vapeur d'eau dans le sol.* Note [1] de M. **F. Diénert**, présentée par M. Ch. Maurain.

J'ai montré (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1402) comment on peut construire un pluviomètre souterrain pour recevoir les eaux de pluie infiltrées à travers le sable. Je rappelle que cet appareil est constitué par un tube vertical d'emmagasinement de l'eau de pluie en communication avec un plateau horizontal de récolte entouré d'une couronne de cailloux suffisamment haute et épaisse pour détruire la capillarité du sable qui siphonne en dehors du plateau l'eau de pluie qui descendait verticalement sur ce dernier.

Il ne fait aucun doute que tous les réseaux aquifères souterrains, même ceux circulant à travers le sable, contrairement à ce que pensent les hydrologues allemands, sont alimentés par les pluies infiltrées. Toutefois, certains hydrologues admettent, en outre, une autre origine, la condensation de la vapeur d'eau apportée par l'air atmosphérique.

Par des expériences directes (*Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture*, séance du 3 juin 1931), j'ai montré que la diffusion de la vapeur d'eau en atmosphère calme à travers un sable est très lente, et si celle-ci se condensait complètement dans le sol, elle n'y apporterait qu'une quantité négligeable d'eau de l'ordre de grandeur de 9$^{m^3}$ par hectare et par an. Cette origine est donc négligeable. Reste la condensation de la vapeur d'eau en atmosphère agitée, agitation due à la circulation de l'air atmosphérique dans le sous-sol, sous l'influence des variations de la pression barométrique ou d'autres moyens mécaniques que nous étudions actuellement.

Pour savoir si cette condensation dans le sol se faisait conformément aux lois actuellement connues, nous avons d'abord fait passer simultanément de l'air saturé d'humidité dans un récipient vide et dans un autre contenant du calcaire en morceaux, le tout maintenu dans une atmosphère à température rigoureusement constante. En dosant l'humidité à la sortie de ces deux récipients, nous avons obtenu le même chiffre.

---

[1] Séance du 3 novembre 1931.

Dans nos expériences, la roche n'influence donc pas la condensation d'humidité. Mais le passage de l'air à travers les débris de roches était rapide, de l'ordre de grandeur de 5 minutes. En sera-t-il de même si le contact est prolongé pendant un temps plus long?

Nous avons opéré en atmosphère close. Deux récipients en verre sont séparés par un tube en U contenant de l'eau. Celui-ci forme manomètre.

Dans un récipient, on met un peu d'eau, dans l'autre un peu d'eau avec beaucoup de calcaire saturé d'eau surnageant. On opère en présence de l'air de l'azote ou dans le vide. On ferme à la lampe les récipients à la température de la glace fondante et l'on suit les dénivellations de niveau dans le manomètre, après avoir porté progressivement les récipients à la température de 20°.

Dans le cas où la vapeur d'eau se condenserait mieux sur le calcaire saturé d'humidité, le manomètre devrait accuser une diminution très nette de pression dans le récipient contenant la roche. Nous espérions que cet abaissement serait d'autant plus accentué que la température serait plus élevée. C'est pourquoi on ferme à 0° et l'on porte le tout à 20°. En outre, il y aurait distillation continue du liquide du manomètre vers le calcaire, donc diminution de la quantité d'eau dans le tube en U.

L'expérience montre :

1° Qu'il n'y a pas de distillation de l'eau du manomètre;

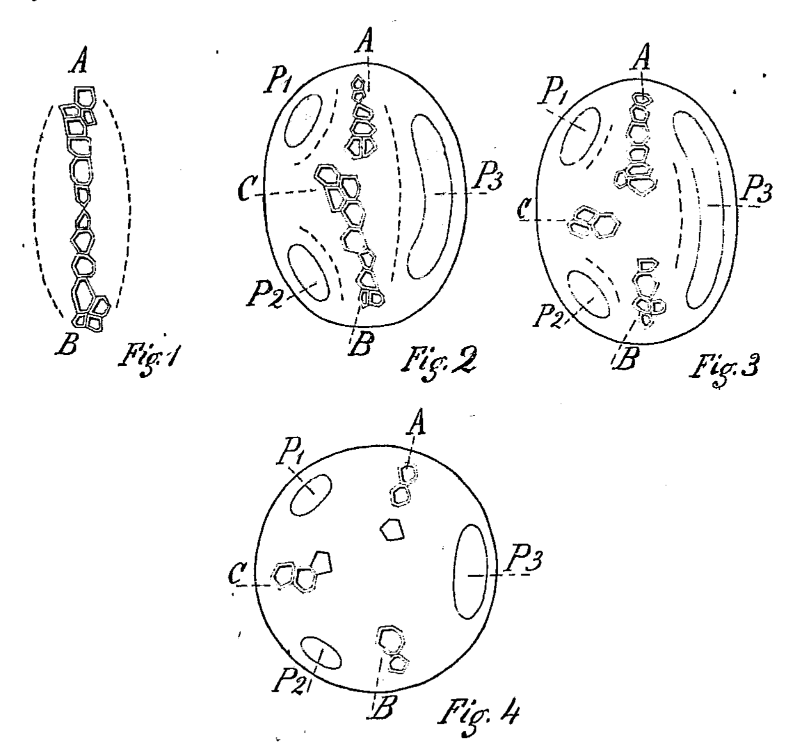
2° Qu'en présence de l'air il y a bien diminution lente de pression du côté du calcaire, mais que celle-ci tient à l'absorption de l'oxygène de l'air, le sol étant réducteur. Cette absorption d'oxygène correspond, pour la craie, à 3^{mg} d'oxygène par kilogramme de craie en un mois dans notre expérience;

3° Qu'en présence d'azote, ou dans le vide on n'obtient aucune variation du niveau de l'eau dans le manomètre.

Quand on opère avec du granite, on observe les mêmes résultats. Comme conclusion, ces expériences montrent que les matériaux expérimentés, provenant du sol, ne paraissent pas influencer la condensation de l'humidité lorsqu'ils sont eux-mêmes humides.

BOTANIQUE. — *Sur l'insertion vasculaire des radicelles.* Note de Mlle **Lucie Ricard**, présentée par M. Molliard.

On sait depuis les travaux de Van Tieghem que les faisceaux vasculaires d'une radicelle à structure binaire sont situés, à leur insertion, dans un plan passant par l'axe de la racine mère. Mais la plupart des radicelles possèdent plus de deux convergents dans leur partie libre. Dans ces conditions, le raccord vasculaire entre la radicelle et la racine mère se présente-t-il de la même façon?



Dans le Ricin, j'ai pu observer très nettement une structure binaire à l'origine de la radicelle et le passage de cette structure à une autre plus complexe. Cette étude a été faite au moyen de coupes en séries qui seront décrites à partir du point le plus rapproché du faisceau vasculaire de la racine mère. Une radicelle de 6mm m'a montré à son origine une lame vasculaire continue et rectiligne dirigée parallèlement à l'axe de la racine mère (*fig.* 1). L'écorce n'existe pas à ce niveau, et, en raison de la position

latérale des faisceaux criblés de la racine mère et de leur raccord oblique avec ceux de la radicelle, ce raccord n'a pu être observé avec précision.

Au niveau de la périphérie du cylindre central de la racine mère (*fig.* 2), la radicelle possède une écorce et l'on voit trois groupes criblés P_1, P_2, P_3. Le xylème est représenté par deux faisceaux alternes, A et B, diamétralement opposés, et correspondant à la lame vasculaire de la figure 1. A l'extrémité interne du xylème B se trouvent des vaisseaux placés dans une direction oblique vers l'intervalle compris entre les phloèmes P_1 et P_2. Dans la moitié interne de l'écorce (*fig.* 3), A et B ont la même disposition; les vaisseaux qui, dans la figure 2, avaient une une tendance à s'avancer entre P_1 et P_2, sont, à ce niveau, un peu moins profonds et forment un groupe C séparé du xylème B. A l'extérieur de la racine (*fig.* 4), la radicelle possède trois convergents très nets.

Si nous considérons sur la figure 3 le groupe de vaisseaux qui paraît s'avancer entre les phloèmes P_1 et P_2, nous pouvons dire qu'il représente des éléments alternes, mais très profonds, du convergent C. De même, sur la figure 2, les éléments placés à la base de B peuvent être considérés comme constituant des vaisseaux encore plus profonds de ce même convergent. Or nous savons qu'en raison de la différenciation centripète du xylème alterne, les éléments les plus profonds sont toujours postérieurs, dans l'évolution vasculaire, à ceux qui sont situés plus près de la périphérie [G. Chauveaud, *L'appareil conducteur des plantes vasculaires et les phases principales de son évolution* (*Ann. des Sc. Bot.*, 9e série, 13, 1911)]. Nous voyons donc, dans la partie la plus primitive de la radicelle, le xylème du troisième convergent, C, représenté uniquement par des éléments d'autant plus avancés dans l'évolution vasculaire qu'ils sont considérés plus près de l'insertion de la radicelle. Nous pouvons dire que ce convergent présente, dans cette région, une accélération de son développement par non-différenciation des vaisseaux les plus primitifs.

Le rôle de l'accélération dans la modification du nombre des convergents a déjà été mis en évidence par Tronchet [2]; cet auteur a en effet décrit la réduction du nombre des convergents au fur et à mesure de l'accroissement des racines; il a montré que, dans certains cas, l'extinction du convergent se fait par réduction progressive des éléments les plus primitifs du xylème.

---

(1) A. Tronchet, *Recherches sur les types d'organisation les plus répandus de la plantule des Dicotylédones; leurs principales modifications, leurs rapports* (*Arch. de Bot.*, 4, Mémoire I, 1930).

Dans ce cas l'accélération est basipète par rapport à l'accroissement en longueur de la racine; dans le cas qui nous occupe elle est basifuge.

J'ai retrouvé cette lame vasculaire de la région primitive de la radicelle dans la Fève, mais, dans quelques cas, la même espèce m'a montré une disposition différente. En effet, des radicelles présentaient dans la région de l'insertion vasculaire trois groupes de xylème disposés suivant un triangle isocèle, l'un d'eux situé dans le plan passant par le faisceau correspondant de la racine mère, les deux autres lui étant opposés et situés de part et d'autre à une faible distance de ce plan. Ceci détermine une tendance à la bande diamétrale décrite précédemment, mais ne la réalise pas complètement.

Dans tous les cas étudiés (Ricin, Fève, Sterculie, Tabac, Ballote, Courge, Calycanthe), j'ai observé une tendance plus ou moins parfaite à la formation d'une lame vasculaire dans la région la plus primitive de la radicelle, lame disposée dans un plan vertical passant par le faisceau correspondant de la racine mère. Dans la plupart des cas, la radicelle acquiert ultérieurement un nombre de convergents supérieur à deux, et l'accroissement du nombre des xylèmes alternes se fait toujours grâce à une accélération basifuge du développement vasculaire. Il est donc permis de voir dans ce fait un nouvel exemple des phénomènes d'accélération qui jouent un rôle si important dans l'édification de la structure des plantes vasculaires.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles constatations sur les maladies à virus de la Canne à sucre et du Maïs.* Note de MM. **A. Kopp** et **D. d'Emmerez de Charmoy**, présentée par M. L. Mangin.

On appelle *Streak disease* une maladie à virus filtrant qui, si elle n'est pas une forme de la Mosaïque de la Canne à sucre étroitement spécialisée à certaines variétés, présente au moins de multiples parentés avec cette dernière.

Les divers symptômes qui la définissent se rencontrent avec plus ou moins de similitude sur le Maïs et sur la Canne *Uba* (groupe *Saccharum sinense*), bien qu'ils aient été signalés à plusieurs reprises sur certaines clones du type *S. officinarum : Badila*, *Port-Mackay*, *Black Innis*, *HQ* 694 ainsi que sur d'autres où domine ce parentage : *POJ* 213, *RP* 8.

Les travaux de Storey qui ont porté principalement sur la transmission à la Canne *Uba* à partir du Maïs, ont mis en évidence la nécessité de l'inter-

vention d'un puceron, vecteur de l'infection entre ces deux plantes : *Balclutha mbila*. D'autre part Storey et Mc Lean ont trouvé que le virus de la Canne cause, chez le Maïs, une forme bénigne de la maladie et que celui du Maïs provoque, chez la Canne, une forme éphémère dont la plante se remet facilement.

A la Réunion, le Streak du Maïs se rencontre dans toute l'île mais sa fréquence varie avec les régions. Le Maïs « du pays » semble le tolérer sans trop de dégâts. Par contre, toutes les fois que nous avons essayé d'acclimater des variétés en provenance directe des États-Unis ou de la France, nous nous sommes heurtés à une véritable explosion de Streak extrêmement virulent qui a détruit les Maïs bien avant l'épiaison. Les plants sont souvent couverts d'Aphidiens, ce qui prouve que de Maïs à Maïs, un Aphis banal est l'agent ordinaire de la contamination. Au domaine de la Providence, dépendant de la Station Agronomique, ce phénomène s'est produit invariablement à chaque tentative d'acclimatation, quelles que soient les conditions atmosphériques. A quelques kilomètres de là, au domaine de la Bretagne, dépendant également de la Station Agronomique, la maladie existe mais beaucoup plus rare et avec moins de virulence.

A la Providence aucun cas n'a été trouvé sur des Cannes au voisinage immédiat des Maïs contaminés et couverts d'Aphis; ni sur la *POJ* 213 (hybride à base de *S. officinarum*), ni sur la *Si nombre* (*S. sinense*), ni sur la *RP* 8; par contre, à la Bretagne, où pourtant la maladie est rare sur les Maïs, la *RP* 8, provenant de la Providence, où elle est indemne, est seule contaminée, alors que la *Uba* ne l'est pas dans le voisinage.

A la Réunion, la seule Canne à sucre sur qui jusqu'à présent nous avons trouvé les symptômes, surtout dans la région de Saint-André et de Sainte-Marie, est la *RP* 8. Nous n'avons jamais constaté que d'autres variétés fussent malades même lorsque les souches de *RP* 8 sont en quelque sorte intrichées parmi d'autres variétés. (Bien que Sheperd signale la maladie en 1925, avant l'introduction de la *RP* 8.) L'infection sur les *RP* 8 n'apparaissant parfois que sur les Cannes de la deuxième coupe, ceci exclut l'hypothèse de boutures prises sur des pieds déjà malades.

Nous avons donc été amenés à supposer qu'il existe, dans la végétation spontanée, des réservoirs de virus autres que le Maïs susceptibles de contaminer la Canne et qu'un autre insecte différent du *Balclutha mbila* joue ici le rôle de vecteur.

Une première indication a été fournie à l'un de nous en 1929 par l'apparition de symptômes bien caractéristiques sur de très jeunes seedlings de Canne à sucre à quelques pas de pieds de *Coix Lacryma-Jobii* franchement malades. Or le *Coix Lacryma-Jobii* ne figurait pas jusqu'à présent dans la liste des plantes susceptibles à cette maladie.

Nous avons repris l'expérience en 1930 à l'aide de jeunes seedlings issus d'une flèche de *RP* 6, Ces plants furent cultivés sous cloche pendant un certain temps à l'abri de toute contamination, puis reçurent une colonie de pucerons autres que *B. mbila* prélevés sur un pied de *Coix Lacryma-Jobii* franchement malade.

A quelques jours d'intervalle deux des plants ainsi contaminés montrèrent très nettement les symptômes du Streak.

Cette expérience et ces observations mettent donc en évidence les points suivants :

1° Le virus du *Streak* de *Coix Lacryma-Jobii* est virulent pour la Canne à sucre;

2° Plusieurs hémiptères peuvent servir de vecteurs pour les virus (mais chacun entre des espèces végétales bien déterminées) ou pour un virus déterminé;

3° Il est possible que le virus du Streak du Maïs soit hébergé par des Graminées autres que la Canne à sucre *même sans symptômes visibles*, et y reçoive une véritable activation;

4° A la Réunion, le Streak de la *RP* 8 et celui du Maïs sont antérieurs à l'introduction de la variété *RP* 8 en provenance de Maurice;

5° L'emploi de jeunes seedlings de Canne à sucre de 1 à 2 mois est de nature à rendre de grands services dans l'étude du *Streak*.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Quelles sont les couleurs dont la confusion est commune à tous les daltoniens?* Note de M. **Polack**, présentée par M. Fabry.

L'histoire du daltonisme est dominée par la préoccupation des auteurs de rechercher les différences entre daltoniens, d'en établir des catégories et de les faire cadrer avec les théories de la vision des couleurs, la théorie de Th. Young en particulier.

Helmholtz, par exemple, aborde la question en ces termes : « Il n'existe encore, que je sache, aucun autre moyen de déterminer les couleurs fondamentales, que l'examen des sujets affectés de dyschromatopsie. Nous verrons plus loin jusqu'à quel point cet examen confirme l'hypothèse de Th. Young, au moins pour le rouge. »

Maxwell voit également dans l'étude du daltonisme le moyen d'étayer l'hypothèse des trois fondamentales.

Dans cette orientation d'idées on a créé des classifications et une termi-

nologie purement théoriques et l'on a omis de préciser le caractère général du daltonisme, c'est-à-dire déterminer les couleurs que tous les daltoniens confondent inévitablement. On a laissé ainsi s'établir l'opinion d'après laquelle les daltoniens confondent principalement le rouge et le vert. L'observation montre cependant que cette confusion n'est pas constante. Lorsqu'on examine les daltoniens par la méthode de Seebeck, dite méthode des couleurs de confusion (1), on constate qu'ils séparent très souvent le rouge et le vert, mais *confondent toujours le bleu, le violet, le pourpre et le bleu verdâtre*.

Dans les cas légers la confusion ne se produit qu'avec des nuances très blanchâtres, dans les degrés accusés de daltonisme elle s'étend à des nuances plus saturées. Le groupement de ces couleurs peut présenter des variations individuelles.

Ces notions sont d'une importance évidente et doivent être présentes à l'esprit de ceux qui étudient le daltonisme. Elles permettent, entre autre, de simplifier la vieille méthode de Secbeck. En effet, connaissant les couleurs dont la confusion est constante, on peut n'employer que leurs nuances pour un examen rapide, quitte à compléter ensuite le diagnostic, à l'aide des autres couleurs.

On remarque dans ce dernier cas que la confusion de l'orangé et du vert jaunâtre est bien plus fréquente que celle du rouge et du vert.

Pour faciliter l'examen du sens chromatique, j'ai composé un test d'un assortiment de couleurs (2) dont chacune est représentée par un certain nombre de nuances, de saturation graduellement décroissante. Le tout est divisé en deux groupes et logé dans deux compartiments séparés. Le premier groupe comprend le pourpre, le violet, le bleu et le bleu verdâtre et sert à établir un diagnostic rapide, le seeond groupe renferme toutes les autres couleurs et permet de pousser plus loin l'examen pour préciser ce diagnostic.

Un plateau, divisé en douze travées, facilite le classement des petits rectangles colorés et permet de les immobiliser dans l'ordre donné.

La simplification apportée ainsi à la méthode augmente considérable-

(1) Cette méthode très ancienne, décrite pour la première fois par Seebeck en 1837, consiste à faire classer par l'examiné des papiers ou des laines colorés, en groupant leurs nuances d'après leur ton.

(2) Rouge, orangé, jaune, vert jaunâtre, vert, vert bleuté, bleu verdâtre, bleu, violet, pourpre, gris et brun.

ment sa rapidité, sans rien enlever de sa sécurité, à condition d'employer un assortiment rationnel de couleurs et de prendre pour criterium le fait que tous les daltoniens confondent le bleu, le violet, le pourpre et le bleu verdâtre, de saturation variable, suivant le degré de leur anomalie.

A la lumière de ce fait, il conviendrait de reprendre l'étude du daltonisme au point où l'ont laissée les travaux de Seebeck alors qu'elle n'était pas encore asservie aux diverses théories de la vision des couleurs.

PHARMACOLOGIE. — *Sur l'action vaso-dilatatrice indirecte des alcaloïdes de l'ergot.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. H. Vincent.

L'étude de l'action des poisons sur la pression artérielle et sur le pléthysmogramme des organes étant d'ordinaire insuffisante pour déterminer le mécanisme de leur action vasculaire, on a utilisé dans ce but les méthodes de perfusion, en particulier celle de Läwen-Trendelenburg qui emploie le train postérieur de grenouille, celle de Krawkoff-Pissemski qui fait usage de l'oreille de lapin, enfin celle de Kochmann et Catel (1) qui se sert du train postérieur du cobaye (2).

Afin de déterminer le mécanisme de l'action vasculaire de l'ergot sans faire état de ses effets si souvent étudiés sur la pression artérielle et sans tenir compte des interprétations qui ont été données de ces effets, nous avons préféré, aux trois méthodes classiques de perfusion, la technique encore peu connue de Schilf (3) qui consiste à enregistrer, au moyen d'un compteur de débit du type décrit par Condon (4), les modifications de l'écoulement sanguin de la principale veine d'un organe normalement irrigué et innervé, provoquées par l'injection d'un poison dans une ramification de l'artère principale de cet organe.

Il convient de rappeler tout d'abord que plusieurs cliniciens (5) ont

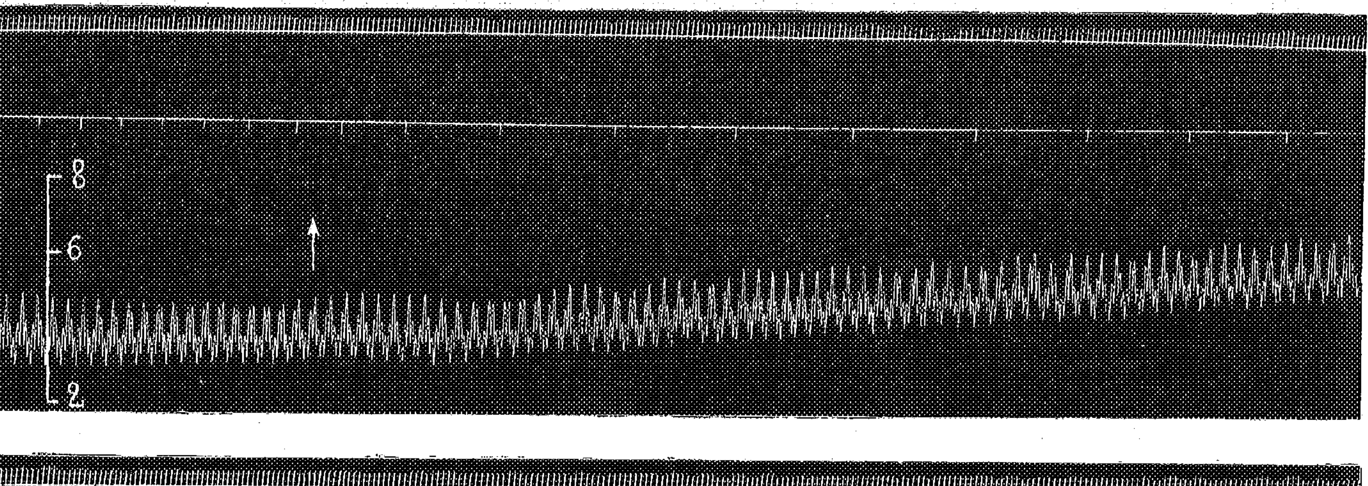
(1) M. Kochmann et W. Catel, *Zeitschr. f. d. ges. exp. Med.*, 32, 1923, p. 277-280.

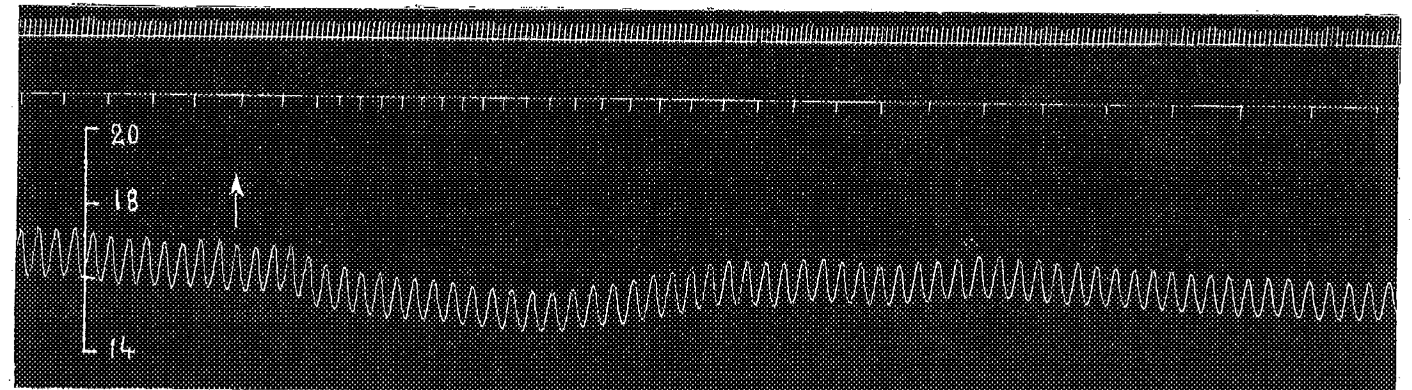
(2) On peut s'étonner que J. Lévy (*Essais et dosages biologiques des substances médicamenteuses*, Thèse doct. méd., Paris, 1930) ait récemment présenté comme nouvelle cette technique qui est cependant classique (M. Kochmann, *in* Abderhalden, *Handb. d. biolog. Arbeitsmethoden*, Lieferung 285, p. 878-879).

(3) E. Schilf, *Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol.*, 126, 1927, p. 38..

(4) N. E. Condon, *Journ. of Physiol.*, 46, 1913, p. xlvi.

(5) H. Vignes, *Physiologie gynécologique et Médecine des femmes*, Paris, 1929, p. 277.





Tracé supérieur : expérience du 10 octobre 1931. Chien de 20^kg anesthésié par le chloralose, (12^cg par kilogramme) ayant ses vagues coupés au cou, soumis à la respiration artificielle et ayant reçu 9^mg par kilogramme de polyanétholsulfonate de soude pour rendre le sang incoagulable. — Tracé inférieur : expérience du 10 octobre 1931. Chien de 19^kg anesthésié par le chloralose (12^cg par kilogramme) ayant ses vagues coupés au cou, soumis à la respiration artificielle, ayant subi la bisurrénalectomie et ayant reçu 9^mg par kilogramme de polyanétholsulfonate de soude pour rendre le sang incoagulable. — Première et quatrième lignes : temps en secondes; deuxième et cinquième lignes : modifications de l'écoulement de la veine fémorale de la patte postérieure gauche, chaque trait vertical correspondant à l'écoulement de 4^cm³ de sang; troisième et sixième lignes : variations de la pression artérielle enregistrées par le manomètre à mercure. Aux points marqués par les flèches, injection, dans la saphène de chacun des deux chiens, de 10^mg de méthanesulfonate d'ergotamine en solution dans 2^cm³ d'eau distillée. (Tracés reproduits en grandeur naturelle.)

constaté que l'ergot, considéré d'ordinaire comme exclusivement vaso-constricteur, augmente parfois les hémorragies. Il paraissait logique d'attribuer cette action à la présence dans l'ergot, à côté des alcaloïdes vaso-constricteurs, de deux amines puissamment vaso-dilatatrices, l'acétylcholine et l'histamine, mais Ganter (1) puis Heymans et Regniers (2) ont montré qu'un de ces alcaloïdes vaso-constricteurs, l'ergotamine, provoque, dans certains cas, une vaso-dilatation évidente.

La perfusion de la patte postérieure du chien normal, au moyen de la méthode de Schilf modifiée par nous, nous a montré que, le plus souvent, l'ergotamine manifeste, sur cet organe, une action vaso-dilatatrice indéniable, suivie d'ordinaire, il est vrai, de vaso-constriction. Au contraire, sur l'animal bisurrénalectomisé, l'ergotamine, dans des conditions expérimentales identiques, révèle une action exclusivement vaso-constrictive. On est donc en droit de conclure que la vaso-dilatation provoquée par l'ergotamine n'est pas due à une action directe de cet alcaloïde, mais résulte de l'inversion par ce dernier des effets vasculaires de l'adrénaline circulante. De même que Gley a donné le nom de vaso-constricteurs indirects aux poisons dont les effets sur les vaisseaux résultent, d'après lui, de l'hypersécrétion adrénalinique qu'ils provoquent, nous pouvons considérer, comme des vaso-dilatateurs indirects, les toxiques qui doivent leur action vaso-dilatatrice à l'adrénaline circulante dont l'action vasculaire normale a été par eux inversée.

Il est permis d'admettre que c'est à la variation de l'indice adrénalique sanguin (3) qu'il faut attribuer la diversité, chez l'homme, des effets vasculaires de l'ergot. Il est logique de penser que l'augmentation des hémorragies par l'ergot s'observe chez les sujets qui présentent de l'hyperadrénalinémie tandis que les cas de gangrène provoquée par ce médicament sont fournis par des malades en état d'hypoadrénalinémie.

---

(1) G. Ganter, *Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol.*, 113, 1926, p. 129-150.

(2) C. Heymans et P. Regniers, *Arch. internat. de Pharmacodynamie*, 33, 1927, p. 236-249.

(3) Nous parlons d'indice adrénalinique sanguin et non de teneur du sang en adrénaline car il y a lieu de faire état des influences ioniques, endocrines et autres qui modifient l'activité de l'adrénaline circulante.

PHARMACODYNAMIE. — *Influence de la pseudococaïne droite sur l'action hypertensive de l'adrénaline.* Note de M. **Fernand Mercier**, présentée par M. A. Desgrez.

Depuis que Frohlich et Lœwi ([1]) ont découvert que la cocaïne augmente l'aetion hypertensive de l'adrénaline, de très nombreux travaux ont été publiés sur le synergisme de ces deux substances, et ont donné lieu, comme corollaire, à des recherches pharmacodynamiques orientées dans deux voies différentes.

D'une part de nombreux expérimentateurs ont cherché quelle était l'influence de la cocaïne sur les effets hypertenseurs des amines sympathomimétiques : tyramine, éphédrine, phényléthylamine, sympathol, artérénol, etc., et cette méthode a donné lieu à un essai de classification pharmacodynamique de ces amines : les seules amines vraiment « adrénaliniques » étant celles qui, comme l'adrénaline, ont leurs effets hypertenseurs augmentés par la cocaïne et inversés par la yohimbine.

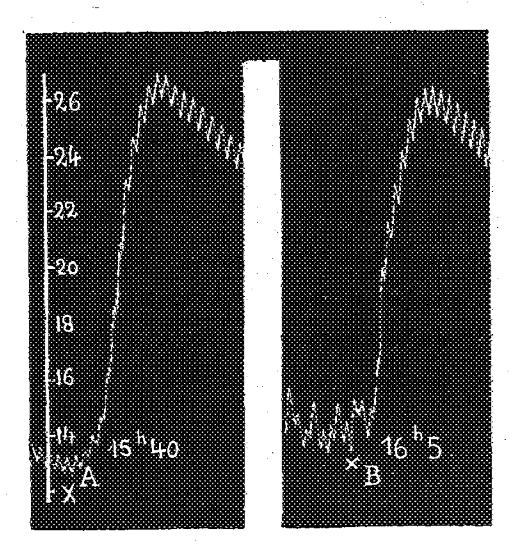
D'autre part des expériences ont été faites pour rechercher l'influence des divers succédanés de la cocaïne sur l'action hypertensive de l'adrénaline. C'est ainsi que, d'après Hatcher et Eggleston ([2]), Sternberg ([3]), Langecker ([4]), la novocaïne, comme la cocaïne, augmente l'effet hypertenseur de l'adrénaline. Il en est de même d'après Eggleston et Hatcher ([5]), pour l'alypine, la β-eucaïne, l'holocaïne, la nirvanine, l'apothésine, la stovaïne et la tropacocaïne.

A notre connaissance des recherches semblables n'ont pas été faites pour la pseudococaïne droite, isomère optique et stéréochimique de la cocaïne officinale. Nous présentons dans cette Note le résultat de nos expériences sur ce sujet.

Nous avons employé la technique préconisée par Tainter et Chang ([6]) chez le chien et le chat, et utilisée par Raymond-Hamet ([7]) chez le chien chloralosé : chez le chien

([1]) Frohlich et Lœwi, *Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol.*, 62, 1910, p. 159.
([2]) R. A. Hatcher et C. Eggleston, *Journ. of Pharmacology.*, 8, 1916, p. 385.
([3]) H. Sternberg, *Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol.*, 100, 1923, p. 112.
([4]) H. Langecker, *Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol.*, 129, 1928, p. 202.
([5]) C. Eggleston et R. A. Hatcher, *Journ. of Pharmacology*, 13, 1919, p. 433.
([6]) M. L. Tainter et D. K. Chang, *Journ. of Pharmacology*, 30, 1927, p. 193.
([7]) Raymond-Hamet, *Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol.*, 160, 1931, p. 1.

anesthésié par le chloralose, soumis à la respiration artificielle et dont on a sectionné les pneumogastriques, on recherche l'hypertension produite par l'injection intraveineuse de $\frac{5}{100}$ de milligramme de chlorhydrate d'adrénaline. Lorsqu'on a obtenu, après plusieurs injections successives de cette même dose, des courbes hypertensives de même hauteur (en ayant soin d'éliminer les animaux chez lesquels la hauteur de la courbe ne se stabilise pas) on injecte à l'animal, sous la peau du flanc, une dose de chlorhydrate de pseudococaïne droite de 20 à 30^{mg} par kilogramme. On attend un certain temps pour permettre une complète résorption de la pseudococaïne droite, on fait alors une nouvelle injection de $\frac{5}{100}$ de milligramme d'adrénaline, et l'on compare entre elles les courbes obtenues avant et après l'injection de pseudococaïne droite.



Chien de 10^{kg} chloralosé (0^{g},12 par kilogramme), vagues sectionnés, soumis à la respiration artificielle. Enregistrement de la pression carotidienne par le manomètre à mercure. En A et en B injection intraveineuse de 5/100 mg de chlorhydrate d'adrénaline. Entre A et B, l'animal a reçu à 15^{h}45^{m} une injection sous-cutanée de 200^{mg} (20^{mg} par kilogramme) de chlorhydrate de pseudococaïne droite. (Tracé réduit de 1/4.)

Dans une première série d'expériences, nous avons, comme les auteurs précédents l'ont fait pour la cocaïne, laissé s'écouler 20 minutes entre l'injection sous-cutanée de pseudococaïne droite et l'injection subséquente d'adrénaline. Mais, comme nous l'avons montré dans des recherches antérieures en collaboration avec J. Régnier [1], la pseudococaïne droite se résorbant beaucoup plus vite que son isomère officinal, nous avons, dans une seconde série d'expériences, diminué le temps qui sépare l'injection de pseudococaïne droite de l'injection ultérieure d'adrénaline et fait celle-ci : 15 minutes, 10 minutes et même 5 minutes après l'injection de l'isomère cocaïnique.

---

(1) J. Régnier et F. Mercier, *Bull. Sc. Pharmacol.*, 37, 1930, p. 65, 219, 314.

Dans ces conditions expérimentales, quel que soit le temps laissé à la résorption pour s'effectuer, nous avons constaté, comme cela est visible sur le tracé qui illustre cette Note, que le chlorhydrate de pseudococaïne droite n'augmente pas l'effet hypertenseur de l'adrénaline. Alors que, dans les mêmes conditions expérimentales, l'hypertension adrénalinique est augmentée quelquefois de 30 pour 100 par l'injection de cocaïne gauche, avec la pseudococaïne droite l'effet hypertenseur adrénalinique est ou inchangé ou même, le plus souvent, diminué.

Ces résultais confirment les constatations que nous avons déjà faites sur le comportement physiologique différent de la cocaïne et de son isomère, la pseudococaïne droite.

BIOLOGIE. — *La castration expérimentale des femelles de Gammariens et sa répercussion sur l'évolution des oostégites.* Note [1] de Mme **M.-L. Le Roux**, présentée par M. Ch. Gravier.

J'ai montré récemment [2] que les soies qui apparaissent sur les oostégites des femelles de Gammariens au moment de la puberté et se renouvellent ensuite à chaque mue ne se forment plus chez des femelles de *Gammarus pulex* (L.) castrées par des larves de *Polymorphus minutus.* J'ai précisé en outre que les ovaires de ces femelles ne sont pas détruits mais seulement arrêtés dans leur évolution. Ces observations n'ont pas permis cependant de décider si l'absence des soies sur les oostégites est la conséquence directe de l'arrêt de développement des ovaires, ou si ce sont les troubles apportés par le parasite au métabolisme de l'hôte qui déterminent d'une façon synchrone, d'une part l'inhibition de l'ovaire et d'autre part la non-formation des soies. C'est dans le but d'élucider cette question que j'ai entrepris d'effectuer une série de castrations expérimentales chez des femelles de Gammariens.

J'ai choisi comme matériel d'expérience une espèce d'eau saumâtre *Gammarus Duebeni* Lillj. dont je pratique couramment l'élevage depuis plusieurs années. Cette espèce présente l'avantage d'avoir des téguments transparents, ce qui me permet de suivre l'évolution des ovaires sur l'animal vivant.

---

(1) Séance du 3 novembre 1931.

(2) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 889.

Chez les femelles normales témoins, on observe pour la première fois sur l'exuvie 9 la présence de lames ovigères lisses très petites. Sur les exuvies 10, 11, 12 et 13, on peut constater que ces lames augmentent de taille tout en présentant toujours des bords lisses, alors que sur l'exuvie 14 et les suivantes elles sont bordées des longues soies caractéristiques de la femelle adulte. La première formation de ces soies a lieu dans l'intervalle des mues 12 et 13 en même temps que l'on voit se produire la première poussée de vitellogénèse. Il en résulte que l'apparition d'oostégites bordés de soies après la mue 13 coïncide exactement avec la première ponte.

J'ai entrepris de castrer des femelles en les soumettant au rayonnement du bromure de radium. Pour effectuer ces expériences, j'ai utilisé des aiguilles de verre ou de platine contenant chacune 1^{mg} environ de bromure de radium pur. Chaque femelle fut soumise à plusieurs reprises, pendant 72 heures chaque fois, à l'action de l'une de ces aiguilles, et le plus souvent aussitôt après une mue. J'ai effectué :

A. *Des irradiations prépubérales.* — La première irradiation a été faite avant la formation des oostégites, en général après les mues 6 ou 7, et la deuxième après la mue 12. Dans ce cas, on n'observe pas de vitellogénèse entre les mues 12 et 13, et l'exuvie 14 et les suivantes présentent des oostégites dépourvus de soies.

B. *Des irradiations postpubérales.* — Des femelles venant de pondre et, par conséquent, pourvues d'oostégites bordés de soies sont irradiées dans les mêmes conditions. L'inhibition de l'ovaire est très rapide; dès la mue suivante, les femelles ne pondent plus et leurs oostégites ne présentent plus de soies ovigères.

Dans les deux cas, de même que chez les femelles de *G. pulex* parasitées, les ovaires des femelles irradiées ne sont pas détruits. Il y a seulement arrêt du fonctionnement ovarien et, si de nouvelles irradiations ne sont pas effectuées, l'on observe après quelques mues une nouvelle poussée de vitellogénèse et corrélativement la réapparition des soies ovigères. Par contre, si l'on renouvelle l'irradiation toujours en temps voulu, l'on obtient des femelles qui ne pondent jamais et gardent toute leur vie des oostégites de femelles impubères (exp. A); et dans le cas d'irradiations toutes postpubérales (exp. B), des femelles qui perdent définitivement leurs soies en même temps que leur possibilité de ponte.

Ces expériences justifient donc l'hypothèse que les femelles de *G. pulex* parasitées par des larves de *P. minutus* avant la puberté n'ont jamais acquis

de soies ovigères, et que celles qui ont été parasitées plus tardivement les ont perdues. De plus, elles montrent que des irradiations précoces, effectuées avant la mue 9 et qui se montrent efficaces plus tard par l'inhibition de l'ovaire et la non-formation des soies, ne troublent aucunement le développement des oostégites qui s'effectue au même stade que chez les femelles normales. Enfin, elles permettent de conclure, avec de fortes probabilités, que le fonctionnement de l'ovaire tient sous sa dépendance la formation des soies ovigères. On pourra objecter que le bromure de radium a pu agir directement sur la formation des soies des oostégites. Mais cette objection me paraît devoir être rejetée du fait que les femelles de Gammariens présentent de nombreuses soies autres que celles des oostégites et que seules ces dernières disparaissent lorsque les ovaires cessent de fonctionner. Il me paraît d'ailleurs également difficile d'admettre que chez les femelles de *G. pulex* les variations du métabolisme sous l'action du parasite aient une action empêchante limitée aux soies ovigères.

En résumé, chez les Crustacés amphipodes femelles, la différenciation de certains caractères sexuels secondaires (soies ovigères) est déterminée par le fonctionnement des gonades, alors que d'autres (oostégites) évoluent indépendamment de celles-ci ([1]).

BIOLOGIE. — *Sur l'existence de mâles d'origine parthénogénétique et sur la constitution génotypique des femelles parthénogénétiques de* Trichoniscus (Spiloniscus) Elisabethæ *Herold* (*Crustacés, Isopodes*). Note de M. **A. Vandel**, présentée par M. M. Caullery.

J'ai montré ([2]) que j'avais confondu, sous le nom de *Trichoniscus provisorius*, deux espèces distinctes : *provisorius* Racovitza et *elisabethæ* Herold. Quels sont les rapports de la forme parthénogénétique et de ces deux espèces ? La race parthénogénétique appartient à l'espèce *elisabethæ*, mais est parfaitement distincte de *provisorius*. Cette conclusion découle de deux ordres de faits :

([1]) Mes résultats sont en accord avec ceux obtenus par V. Haemmerli-Boveri sur les femelles d'un Crustacé Isopode *Asellus aquaticus* L. (*Zeitschrift für vergleich. Physiol.*, 4, 1926, p. 668-698).

([2]) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 752.

1° J'ai signalé (¹) le fait, au premier abord paradoxal, que les femelles parthénogénétiques recueillies à Toulouse s'accouplent facilement avec les mâles de Montpellier et de Port-sur-Saône (²), mais n'exercent aucune attraction sur les mâles de Toulouse. J'ai vérifié à maintes reprises cette différence de comportement. Elle s'explique maintenant fort bien, car les mâles de Montpellier et de Port-sur-Saône d'une part, les mâles de Toulouse d'autre part, appartiennent à deux espèces distinctes : les premiers à *elisabethæ*, les seconds à *provisorius*. L'attraction sexuelle exercée par les femelles parthénogénétiques sur les mâles d'*elisabethæ*, à l'exclusion des mâles de *provisorius* prouve que la race parthénogénétique se rattache à la première espèce et non à la seconde.

2° Je cultive, depuis deux ans, deux biotypes où, contrairement à la règle générale, les femelles parthénogénétiques engendrent occasionnellement des mâles. Ces deux biotypes proviennent de la bordure de la Montagne Noire, l'un de la région occidentale (Sorèze), l'autre du versant méridional (Caunes-Minervois). Ces mâles d'origine parthénogénétique sont d'ailleurs rares. Je n'en ai obtenu jusqu'ici (octobre 1931) que 8, bien que mes observations aient porté sur la descendance de près de 150 femelles. Or, l'examen morphologique de ces mâles démontre qu'ils appartiennent incontestablement au type *elisabethæ*.

Ces observations permettent de circonscrire le problème de l'origine de la forme parthénogénétique. Elle provient de la race bisexuée de *Tr.* (*Spiloniscus*) *elisabethæ*.

Caractères des mâles d'origine parthénogénétique. — Vu le nombre très faible de mâles observés, je n'ai pu encore en faire une étude complète. Ces mâles sont absolument normaux, et ne diffèrent en rien des mâles produits par les femelles bisexuées. Les testicules sont bien développés et renferment des spermatozoïdes normalement conformés. Cette observation conduit déjà à admettre que ces mâles sont diploïdes, car on sait que tous les mâles triploïdes connus sont stériles (H. J. Müller). L'étude cytologique le confirme. J'ai étudié un certain nombre de divisions spermatogoniales. Le nombre de chromosomes est égal à 16, ce qui correspond au nombre diploïde pour *Tr. elisabethæ*.

(¹) *Bull. Biol. France-Belgique*, **62**, 1928, p. 164.

(²) Mais les œufs de ces femelles parthénogénétiques et triploïdes ne sont pas fécondés.

Mécanisme de la production des mâles d'origine parthénogénétique. — Je me suis assuré que les femelles des biotypes de Sorèze et de Caunes sont, comme les femelles parthénogénétiques normales, des formes triploïdes ($3n = 24$). Comment ces femelles triploïdes sont-elles capables de donner naissance à des mâles diploïdes? L'organisme triploïde provient d'un œuf engendré par la fusion de deux gamètes, dont l'un est haploïde et l'autre diploïde. Partant de là, on doit admettre qu'une dissociation des garnitures haploïde et diploïde se produit au moment de la maturation de l'œuf qui engendre le mâle. Étant donnée la rareté des mâles d'origine parthénogénétique et leur apparition sporadique, on comprend que la vérification de ce processus soit particulièrement ardue. Je signale seulement, cette étude cytologique n'étant pas achevée, que j'ai observé, dans deux individus de Caunes, des anomalies chromatiques, au moment de la maturation, se manifestant sous forme de groupements chromosomiques de valeur inégale.

Origine des femelles parthénogénétiques. — Les deux biotypes de Sorèze et de Caunes sont particulièrement intéressants, car ils représentent un stade où la forme parthénogénétique triploïde n'est pas encore parfaitement stabilisée et peut présenter, occasionnellement, une dissociation des garnitures haploïde et diploïde qui la constituent. Il est intéressant de remarquer que, si les femelles parthénogénétiques de ces deux biotypes engendrent accidentellement des mâles, je n'ai jamais observé la production, par parthogenèse, de femelles sexuées diploïdes. Ce qui semble prouver que la forme parthénogénétique triploïde provient d'un œuf normal fécondé par un spermatozoïde diploïde (ayant par conséquent la constitution chromosomique du mâle).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Produits d'oxydation du d-mannose par l'oxyde de cuivre ammoniacal en présence de l'air, à la température ordinaire.* Note de M. **J. Parrod** et M[lle] **Y. Garreau**, présentée par M. Georges Urbain.

L'un de nous (¹) a montré que l'oxydation du *d*-glucose par l'oxyde de cuivre ammoniacal, en présence de l'air, à la température du laboratoire, donne naissance à l'acide oxalique, à l'imidazol, et au *d*-arabinotétraoxybutyl-4-imidazol.

J'ai recherché si, avec un sucre très voisin, comme le *d*-mannose, on pouvait obtenir les mêmes corps, et particulièrement les mêmes imidazols.

Ces deux sucres se distinguent uniquement, comme on le voit par les formules ci-dessous, par l'atome de carbone voisin de la fonction aldéhydique :

```
                   OH  H   OH  OH
                   |   |   |   |
*d*-glucose  COH — C — C — C — C — CH²OH
                   |   |   |   |
                   H   OH  H   H

                   H   H   OH  OH
                   |   |   |   |
*d*-mannose  COH — C — C — C — C — CH²OH
                   |   |   |   |
                   OH  OH  H   H
```

On peut prévoir que le *d*-mannose conduise également au *d*-arabinotétraoxybutyl-4-imidazol :

```
                    H   OH  OH
                    |   |   |
   //N —— C — C — C — C — CH²OH
CH        ||  |   |   |
   \NH — CH   OH  H   H
```

L'atome de carbone en question, et celui qui porte la fonction aldéhydique contribuent en effet à la formation du noyau imidazol.

C'est bien là le résultat que nous a donné l'expérience.

En dehors de ce composé, nous avons isolé également, comme dans le cas du *d*-glucose, l'acide oxalique et l'imidazol, toutefois avec des rendements un peu différents.

(¹) J. Parrod, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1136.

Nous rappellerons qu'avec le lévulose, dans des conditions identiques (concentrations du cuivre ammoniacal et du sucre, température, oxygénation et durée), ces corps ont été obtenus, et en outre l'oxyméthyl-4-imidazol ([1]).

Technique. — Nous avons utilisé les conditions expérimentales et les procédés de traitement décrits dans les communications signalées ci-dessus.

Le *d*-arabinotétraoxybutyl-4-imidazol a été identifié par les caractères suivants : aiguilles cristallines F = 164°, $[\alpha]_d = -19°,6$ (au lieu de $-19°,5$), diagramme de diffraction de rayons X, coloration rouge avec le *p*-diazobenzène-sulfonate de sodium.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les glucides lévogyres des oignons de* Lycoris. Note de M. **H. Belval**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les oignons de *Lycoris* (*Lycoris squamigera* Max.) renferment constamment, à côté de l'amidon qui constitue la réserve insoluble, un mélange de glucides solubles : sucres réducteurs, saccharose et substances lévogyres, ces dernières étant de beaucoup les plus abondantes.

La marche de l'inversion diastasique montre avec évidence que la saccharose n'est pas le seul glucide tributaire de la sucrase : en effet, l'hydrolyse, rapide d'abord, ne se poursuit plus au bout de quelques heures qu'avec une extrême lenteur, se continue pendant une semaine et plus, en même temps que croît l'indice de réduction diastasique. Par ailleurs, après action de la sucrase, l'hydrolyse par HCl provoque toujours une nouvelle et forte déviation vers la gauche. On devait naturellement penser à la présence de plusieurs substances lévogyres. De fait, on a pu en préparer deux à l'état pur.

Pour les séparer on a d'abord mis à profit les différences de solubilité des composés barytiques, dont l'un est insoluble et l'autre très soluble. Il est plus simple d'abandonner dans un endroit frais les liqueurs alcooliques d'extraction, après filtration pour éliminer toute trace d'amidon et de matières étrangères ; une substance blanche se dépose presque pure du premier coup, que je désigne provisoirement sous le nom de *fructoside* A. Quant à la liqueur, après concentration, défécation et addition de baryte concentrée, elle fournit par addition de son volume d'alcool un abondant

([1]) Pierre Girard et J. Parrod, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 328.

précipité blanc qu'il reste à décomposer par les procédés ordinaires; on obtient de la sorte un second produit, le *fructoside* B.

3^{kg} de bulbes, récoltées en mai, à l'époque où les feuilles commencent à se dessécher, bien avant la floraison qui a lieu en août-septembre, ont fourni 24^g de fructoside A, renfermant 0,66 pour 100 de cendres, et 93^g de fructoside B renfermant 0,45 pour 100 de cendres.

Ces deux fructosides diffèrent par toutes leurs propriétés, dont nous donnons brièvement ici les plus caractéristiques.

Fructoside A. — Il se présente sous forme de poudre blanche très peu hygroscopique, très peu soluble dans l'eau froide (6,4 pour 100 à 20°) mais très soluble dans l'eau chaude. Les pouvoirs rotatoires $[\alpha]_0$ sont respectivement, avant et après action de HCl : $-34 (\alpha = -3°)$; $\pi = 4^g,42$; $l = 2$) et $-81 (\alpha = -3°32$; $\pi = 2^g,18$; $l = 2$; $t = 20°$). Le poids moléculaire, calculé par cryoscopie, comparativement avec des solutioes de saccharose, se montre voisin de 1350. Quant au point de fusion, il n'est pas net; au bloc Maquenne, la poudre demeure sans changement jusqu'à 173°, à 173°, elle commence à jaunir et jusque vers 200° se transforme en produits de plus en plus noirs.

Ces propriétés ne permettent de rapporter cette substance à aucun fructoside connu; l'inuline, dont elle semble se rapprocher le plus, s'en distingue nettement par son poids moléculaire.

Fructoside B. — Au contraire du produit A, c'est une poudre très hygroscopique : après dessication dans le vide sur P^2O^5 elle perd encore, dans l'étuve à 110°, 4,54 pour 100 de son poids, en même temps qu'elle foisonne et finit par occuper un volume 5 à 6 fois supérieur au volume initial; elle est de plus très soluble dans l'eau froide et même dans l'alcool à 80°. Les pouvoirs rotatoires, calculés à partir du produit desséché à l'étuve, sont avant et après action de HCl : $-19 (\alpha = -1°48$; $\pi = 4,68$; $l = 2$), et $-67 (\alpha = -6°20$; $\pi = 4,68$; $l = 2$; $t = 20°$). Le poids moléculaire, déterminé en opérant comme précedemment, s'est constamment trouvé voisin de 600. Au bloc Maquenne, la poudre commence à jaunir dès 110°, en se boursoufflant et vers 155° on n'a plus qu'un produit noir sans qu'il soit possible de saisir un point de fusion véritable. L'action de la sucrase nulle sur le produit A, est ici très caractéristique : elle est lente et incomplète. Il ne semble pourtant pas qu'on soit en présence d'un mélange de deux corps dont l'un serait tributaire de la sucrase et l'autre non : la fraction qui demeure non hydrolysée par la surcrase, outre qu'elle présente

toujours les mêmes propriétés que le produit initial, varie notablement selon les conditions de l'expérience; de plus, une fois l'équilibre atteint on peut par de nouvelles additions de sucrase pousser l'inversion un peu plus loin, sans toutefois obtenir jamais une hydrolyse totale.

Ce sont là autant de propriétés qui font de ce fructoside un produit très semblable, sinon identique, à l'asphédéloside étudié récemment par C. Neyron ([1]).

On aurait donc ainsi extrait des bulbes de Lycoris deux fructosides, l'un nouveau selon toutes vraisemblances, que nous proposons de nommer Lycoroside, l'autre analogue à celui des Asphodèles; ce qui montre une fois de plus l'extrême variété des matières de réserve dans les organes des Monocotylédones.

PATHOLOGIE. — *Sur les facteurs de l'évolution des cancers de goudron chez la Souris.* Note de MM. **F. Vlès**, **A. de Coulon**, **A. Ugo**, présentée par M. A. d'Arsonval.

A la suite des recherches que nous avons effectuées depuis quelques années sur les propriétés physico-chimiques de l'organisme dans le cancer ([2]), nous avons jugé indispensable de reprendre l'étude systématique de la cancérisation par le goudron, pour préciser les principaux facteurs qui permettent d'orienter son évolution dans telle ou telle direction.

Un élevage de Souris, comprenant environ 1200 animaux, a été soumis à des observations statistiques pendant un goudronnage de plusieurs mois (trois fois par semaine sur la nuque, avec du goudron Bloch de Zurich). Le badigeonnage était poursuivi après l'apparition des papillomes jusqu'à la constatation de la cancérisation de ceux-ci, entre le quatrième et le huitième mois; un examen histologique était pratiqué à ce moment au moyen

([1]) C. Neyron, *Recherches sur le principe fermentescible des tubercules d'Asphodèle*, Thèse Univ., Paris, 1930.

([2]) F. Vlès et A. de Coulon, *Revue des notions actuelles sur un problème de physico-chimie pathologique* [*Arch. Phys. biol.*, 7, v (fasc. suppl.), 1929, p. 1-64]; *Recherches sur les propriétés physico-chimiques des tissus en relation avec l'état normal ou pathologique de l'organisme.* 10e partie : *Nouvelles recherches sur les tumeurs de goudron de la Souris par certains amino-acides* (*Arch. Phys. biol.*, 9, 1, 1931, p. 1-28).

d'une biopsie par le professeur Nicod. A côté de cet élevage-témoin, d'autres lots de Souris (comprenant au total environ 800 animaux) subissaient, en plus du goudronnage, diverses actions expérimentales destinées à interférer avec l'action du goudron. Dans tous les cas, chaque lot correspondait au point de vue sexe et âge, à une catégorie homogène (jeunes mâles, femelles vierges, vieilles femelles, etc.).

Pour chacun des lots, on a constitué un *graphique d'apparition des papillomes et des cancers*, en portant en fonction du temps la proportion en centièmes des papillomes ou des cancers constatés. Pour éviter les perturbations apportées par les disparitions accidentelles des Souris pendant la longue période préliminaire du badigeonnage, on a pris comme base de la proportion, non pas le nombre initial de Souris de chaque lot, mais le nombre encore existant au moment de l'apparition du premier papillome.

1. Caractère des courbes d'apparition des papillons et des cancers. — Les courbes obtenues sont le plus souvent des courbes én S régulières qu'il est facile de ramener à uue expression

$$J = K + A \log \frac{X}{B - X}$$

dans laquelle J est le temps en jours depuis le début du goudronnage, X la proportion en centièmes des papillomes ou des cancers correspondant au

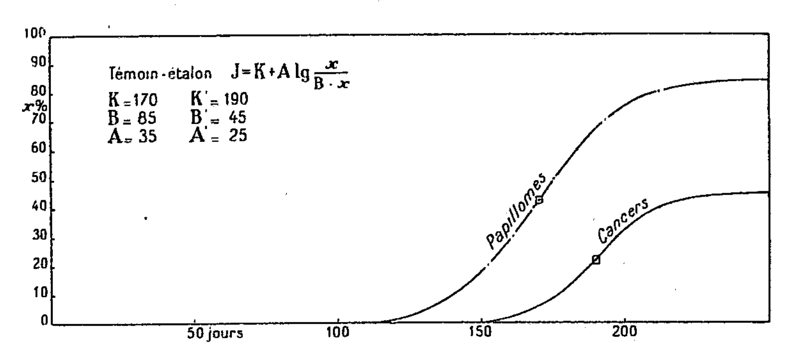


Fig. 1. — Courbes du témoin-étalon calculées avec les constantes les plus fréquentes.

temps J, et B la proportion correspondant à l'asymptote horizontale finale. Sur un lot de 875 témoins, on a déterminé par la méthode des polygones de fréquence, les valeurs les plus fréquentes de K, B, A; en introduisant ces constantes dans l'équation précédente, on a donc pu représenter l'évolution du témoin-type le plus probable (*fig.* 1). La courbe ainsi établie est relative à la population totale sans distinction de

catégories; il est possible que de légères différences soient introduites, en particulier par les sexes.

2. ACTIONS EXPÉRIMENTALES. — Diverses actions expérimentales ont ainsi pu être comparées au moyen des constantes K, B, A de leurs courbes. Nous ne retiendrons ici que les conclusions relatives à quelques cas particulièrement typiques :

a. Alimentation par les œufs. — L'alimentation prédominante des Souris au moyen de jaunes d'œufs cuits (4 jaunes par jour pour 30 Souris, inter-

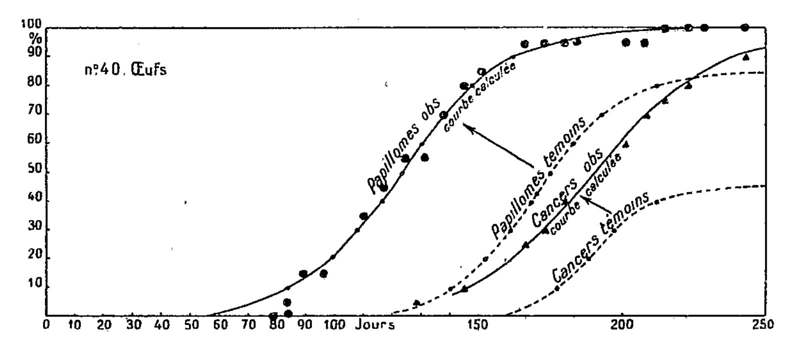


Fig. 2. — Courbes d'apparition des papillomes et des cancers pour les Souris nourries aux œufs.

calés entre des portions réduites du régime ordinaire) a eu un effet particulièrement remarquable d'activation sur les papillomes apparus et en outre sur la cancérisation : papillomes et cancers ont été plus précoces et ont abouti à un pourcentage final plus considérable (*fig.* 2).

b. Facteurs physiques. — Un facteur particulièrement intéressant s'est

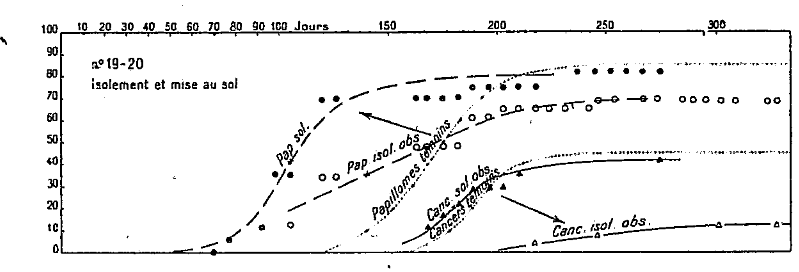


Fig. 3. — Courbes d'apparition des papillomes et des cancers pour les Souris isolées ou mises au sol.

montré lié à l'isolement électrostatique ou la mise au sol des lots de Souris (au moyen de cages munies de fonds conducteurs en fer galvanisé reliés à

des prises de terre) [1] : les papillomes des lots au sol ont été nettement en avance sur les papillomes des lots témoins ou isolés; les cancers des lots isolés ont été nettement en retard sur les cancers des lots au sol ou des témoins (*fig.* 3).

Une autre perturbation a été produite par l'élevage en cages obscures et closes, papillomes et cancers étant dans ce cas déprimés par rapport aux témoins.

c. Séparation des éléments du goudron. — Enfin certains essais de séparation des constituants du goudron ont, jusqu'à présent, conduit à un relèvement considérable de l'action papillomateuse et cancérigène : tel est l'épuisement par le chloroforme (la fraction chloroformique accélère, le résidu est d'action presque nulle).

A $15^h 45^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 20^m$.

A. Lx.

---

(1) F. Vlès et A. de Coulon, *Observations sur les différences de réceptivité pour certains cancers, en parallèle avec la connexion des organismes au sol* (*Arch. Phys. biol.*, 8, III-IV, 1930, p. 282-285).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 NOVEMBRE 1931.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS DE LAUNAY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Détermination des éléments linéaires pour lesquels il existe un réseau triangulaire de géodésiques. Généralisations.* Note de M. **JULES DRACH**.

1. Il s'agit de *trouver tous les éléments linéaires* $ds^2 = e\,du^2 + 2f\,du\,dv + g\,dv^2$, *pour lesquels les lignes* $u =$ const., $v =$ const. *et aussi les lignes* $v - u =$ const., par exemple, *sont des lignes géodésiques*. Ce problème, posé il y a une trentaine d'années, a donné lieu à des recherches de géomètres allemands, qui n'ont d'ailleurs fait connaître que des solutions très particulières : ds^2 de révolution (S. Finsterwalder et P. Staeckel), ds^2 des surfaces spirales de Maurice Lévy (F. Ahl et R. Sauer) et plus récemment ds^2 de Liouville (O. Volk). M. O. Volk a réalisé un progrès important (¹) en ramenant le problème général à l'intégration de *deux équations aux dérivées partielles du quatrième ordre, à une fonction inconnue*. C'est ce problème général que nous résolvons ici.

2. Si l'on exprime qu'une équation (E) :

$$v'' = P_3(v'),$$

où P_3 est un polynome du troisième degré et où l'on a posé : $v' = \frac{dv}{du}$,

---

(¹) O. VOLK, *Ueber Flächen mit geodaetischen Dreiecksnetzen* (*Atti del Congresso internazionale dei Matematici*, 4, p. 357-362, Bologna, 1928).

$v'' = \frac{d^2 v}{du^2}$, admet les solutions particulières

$$u = \text{const.}, \qquad v = \text{const.}, \qquad v - u = \text{const.},$$

on trouve immédiatement

$$v'' = \rho(u, v) v'(v' - 1).$$

Cette équation conviendra à des géodésiques si elle admet un multiplicateur de Jacobi $M = \mu^{-\frac{3}{2}}$ où $\mu = a + 2bv' + cv'^2$. (Les fonctions e, f, g sont connues avec a, b, c.) En écrivant les conditions nécessaires, on obtient en posant : $-\frac{2}{3}\rho = \frac{\partial^2 \theta}{\partial u \, \partial v}$, les expressions

$$a = e^{\frac{\partial \theta}{\partial v}}, \qquad c = e^{\frac{\partial \theta}{\partial u}},$$

l'inconnue b étant déterminée par les deux équations linéaires

$$(\text{S}) \qquad \left\{ \begin{aligned} \frac{\partial b}{\partial u} &= -\frac{b}{2} \frac{\partial^2 \theta}{\partial u \, \partial v} - e^{\frac{\partial \theta}{\partial v}} \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial u \, \partial v} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \theta}{\partial v^2} \right), \\ \frac{\partial b}{\partial v} &= -\frac{b}{2} \frac{\partial^2 \theta}{\partial u \, \partial v} - e^{\frac{\partial \theta}{\partial u}} \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial u \, \partial v} - \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \theta}{\partial u^2} \right), \end{aligned} \right.$$

qui sont un peu plus simples que celles de M. O. Volk et obtenues de tout autre manière.

Si le système (S) est complètement intégrable, b renferme linéairement un paramètre qui ne figure pas dans θ; cette fonction θ satisfait alors à deux équations du troisième ordre. Comme tous les éléments linéaires obtenus correspondent à une même expression de $\rho(u, v)$, c'est-à-dire donnent les mêmes géodésiques, ce sont, d'après Dini, des éléments linéaires de Liouville.

Dans le cas général, b est déterminé en θ par la condition d'intégrabilité

$$\left(\frac{\partial^3 \theta}{\partial u \, \partial v^2} - \frac{\partial^3 \theta}{\partial u^2 \, \partial v} \right) b = \left\{ \begin{aligned} & e^{\frac{\partial \theta}{\partial u}} \left[\frac{\partial^3 \theta}{\partial u^3} + 2 \frac{\partial^3 \theta}{\partial u^2 \, \partial v} + \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial u^2} \right)^2 - \frac{5}{2} \frac{\partial^2 \theta}{\partial u \, \partial v} \frac{\partial^2 \theta}{\partial u^2} + \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial u \, \partial v} \right)^2 \right] \\ & - e^{\frac{\partial \theta}{\partial u}} \left[\frac{\partial^3 \theta}{\partial v^3} + 2 \frac{\partial^3 \theta}{\partial u \, \partial v^2} + \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial v^2} \right)^2 - \frac{5}{2} \frac{\partial^2 \theta}{\partial u \, \partial v} \frac{\partial^2 \theta}{\partial v^2} + \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial u \, \partial v} \right)^2 \right] \end{aligned} \right\}.$$

Cette valeur de b doit satisfaire aux deux équations (S), ce qui donne pour θ deux équations du quatrième ordre. Il semble *a priori* que leur intégration soit inabordable.

Observons en passant que si l'on voulait que les lignes $v - ku = \text{const.}$

fussent également géodésiques ($k \neq 0, 1$), ou solutions de (E), on trouverait immédiatement pour équation : $v'' = 0$; les géodésiques seraient représentées par des droites (Problème de Beltrami : ds^2 de courbure constante). C'est là un résultat dû à S. Finsterwalder.

3. Ayant observé que les deux équations (S) du quatrième ordre en θ ont trois *caractéristiques* communes, il m'a paru qu'elles pouvaient avoir des solutions communes étendues et qu'il était désirable de les chercher. En fait, ces solutions dépendent de *trois fonctions arbitraires d'un argument.*

Nous avons signalé autrefois que pour toute équation

$$v'' = \rho(u, v)\Phi(u, v, v'), \qquad \text{où} \quad \frac{\partial\Phi}{\partial u} + \frac{\partial\Phi}{\partial v}v' \equiv 0,$$

c'est-à-dire où

$$\Phi = \Phi(v', uv' - v),$$

le quotient $\frac{1}{\Phi}$ est un multiplicateur de Jacobi. On a donc, en particulier, pour l'équation $v'' = \rho(u, v)v'(v' - 1)$, une intégrale première rationnelle en v', $\frac{\mu^3}{\Phi^2} = \text{const.}$, que nous écrirons

$$\frac{c(v' - \alpha)(v' - \beta)}{v'^{\frac{2}{3}}(v' - 1)^{\frac{2}{3}}} = \varphi$$

en la prenant sous forme irrationnelle. Les fonctions e, f, g du ds^2 se déduisent de c, α, β. Soit

$$\frac{1}{\varphi}\frac{\partial\varphi}{\partial v'} = \frac{1}{v' - \alpha} + \frac{1}{v' - \beta} - \frac{2}{3}\left(\frac{1}{v'} + \frac{1}{v' - 1}\right) = \frac{2}{3}\frac{(v' - \omega_1)(v' - \omega_2)(v' - \omega_3)}{(v' - \alpha)(v' - \beta)(v' - 1)v'},$$

ω_1, ω_2, ω_3 désignant les racines de $\frac{\partial\varphi}{\partial v'} = 0$; les conditions qui expriment que φ est une intégrale première peuvent s'écrire

$$(\Sigma) \qquad \frac{\partial\varphi_i}{\partial u} + \frac{\partial\varphi_i}{\partial v}\omega_i = 0 \qquad (i = 1, 2, 3),$$

où l'on a posé

$$\varphi_i = \frac{c(\omega_i - \alpha)(\omega_i - \beta)}{\omega_i^{\frac{2}{3}}(\omega_i - 1)^{\frac{2}{3}}}.$$

Il suit de là que $\varphi_i = \text{const.}$ est intégrale de $dv - \omega_i\,du = 0$, c'est-à-dire que les φ_i sont définis en u, v par le système du *troisième ordre* (Σ), ou par

$$(\Sigma') \qquad \lambda_i(dv - \omega_i\,du) = d\varphi_i$$

à trois combinaisons intégrables.

Les fonctions c, α, β et aussi les ω_i sont définis en φ_1, φ_2, φ_3 par des équations algébriques; c s'éliminant aisément, on remarque que α, β et les ω ne dépendent que de $\frac{\varphi_1}{\varphi_3}$ et $\frac{\varphi_2}{\varphi_3}$.

On aura ensuite

$$\frac{2}{3}\rho = \frac{1}{c}\frac{\partial c}{\partial v}.$$

Signalons ici que φ_1, φ_2, φ_3 sont ce que nous avons appelé ailleurs [1] les *caractéristiques d'Ampère;* ce sont, pour les équations du quatrième ordre en θ, les combinaisons intégrables des caractéristiques de Cauchy.

4. Voici la méthode qui nous a permis la détermination des $\lambda_i(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3)$ de manière que (Σ') possède trois combinaisons intégrables.

Avec l'intégrale première $\varphi = \varphi(u, v, v')$ de l'équation $v'' = \rho v'(v' - 1)$ il en existe une autre ψ obtenue par la quadrature à deux variables,

$$d\psi = \frac{-(dv - v'\,du)}{v'(v' - 1)\dfrac{\partial\varphi}{\partial v'}},$$

où v' est exprimé en u, v, φ; nous la remplaçons par $\varphi\psi$ défini par

$$-\frac{2}{3}\,d\varphi\psi = \frac{(v' - \alpha)(v' - \beta)(dv - v'\,du)}{(v' - \omega_1)(v' - \omega_2)(v' - \omega_3)},$$

et, en tenant compte de (Σ'), noús décomposons le second membre en éléments simples. Si nous exprimons que

$$-\frac{2}{3}\,d\varphi\psi = -\,du + \frac{A_1\,d\varphi_1}{v' - \omega_1} + \frac{A_2\,d\varphi_2}{v' - \omega_2} + \frac{A_3\,d\varphi_3}{v' - \omega_3}$$

est une différentielle exacte, quel que soit le paramètre φ, on trouve que l'on peut prendre pour les A_i

$$A_i = \omega_i\frac{\partial\lambda}{\partial\varphi_i},$$

λ étant la solution générale du système de Laplace, complètement inté-

---

[1] Cf. par exemple : JULES DRACH, *Sur l'intégration logique des équations différentielles*, ... (*Proceedings of the International Math. Congress*, 1, p. 473-510, Toronto, 1924).

grable,

$$(\Lambda)\quad \frac{\partial^2\lambda}{\partial\varphi_i\,\partial\varphi_k}=\left[\frac{\partial\lambda}{\partial\varphi_i}\,\frac{\omega_i}{\omega_k\varphi''(\omega_k)}+\frac{\partial\lambda}{\partial\varphi_k}\,\frac{\omega_k}{\omega_i\varphi''(\omega_i)}\right]\frac{1}{(\omega_i-\omega_k)^2}\qquad (i,\,k=1,\,2,\,3),$$

où $\varphi''(\omega_k)=\left(\frac{\partial^2\varphi}{\partial\rho'^2}\right)_{\rho'=\omega_k}$ par exemple.

L'identification des deux formes de $d\varphi\psi$ donne ensuite des équations aux différentielles totales entre du, $d\rho$, $d\varphi_i$; on les obtient *sous forme intégrable*, en remplaçant ρ' par une solution de l'équation

$$\varphi=\varphi(u,\,\rho,\,\rho'),$$

par exemple

$$\rho'=0,\qquad \rho'=1,\qquad \rho'=\alpha,\qquad \ldots.$$

On parvient ainsi aux conditions :

$$(\text{K})\quad 3u+2\lambda-\mu=\text{const.},\qquad 3\rho+\lambda-\mu=\text{const.},\qquad \nu(\varphi_1,\,\varphi_2,\,\varphi_3)=\text{const.},$$

où l'on a posé

$$\frac{\partial\mu}{\partial\varphi_i}=\frac{\dfrac{\partial\lambda}{\partial\varphi_i}}{\omega_i-1}\qquad (i=1,\,2,\,3),$$

μ satisfaisant alors au système de Laplace

$$(\text{M})\qquad \frac{\partial}{\partial\varphi_i}\left(\omega_k\frac{\partial\mu}{\partial\varphi_k}\right)=\frac{\partial}{\partial\varphi_k}\left(\omega_i\frac{\partial\mu}{\partial\varphi_i}\right)$$

et où

$$d\nu=\omega_1\frac{\partial\lambda}{\partial\varphi_1}\left(\frac{1}{\alpha-\omega_1}-\frac{1}{\beta-\omega_1}\right)d\varphi_1+\ldots.$$

Tout est donc ramené à la *détermination de* λ et aux *quadratures* qui donnent μ et ν.

Enfin en observant que l'on a, pour les dérivées de ρ' :

$$\frac{(\omega_i-\rho')\dfrac{\partial\rho'}{\partial\varphi_i}}{\rho'(\rho'-1)}=\frac{1}{\varphi''(\omega_i)\,\omega_i(\omega_i-1)}=\frac{1}{\sigma}\,\frac{\partial\sigma}{\partial\varphi_i},$$

σ désignant une fonction convenable $\left(\sigma=c^{\frac{3}{2}}\right)$, nous pouvons conclure que $\log\left(\frac{\rho'-1}{\rho'}\right)$ est une solution de (M) qui renferme le paramètre φ; $\log(\sigma\rho')$ est une solution de (Λ). Ces solutions permettent *d'obtenir par intégrales*

définies la solution générale de (M) *ou de* (A). On peut aussi poser :

$$\omega_i \frac{\partial \lambda}{\partial \varphi_i} = \frac{1}{\sigma} \frac{\partial \Omega}{\partial \varphi_i}$$

et former la solution générale en Ω.

Les λ_i signalés plus haut ont pour expression :

$$\frac{1}{\lambda_i} = \frac{\partial \lambda}{\partial \varphi_i} \frac{\omega_i(\omega_i - \omega_k)(\omega_i - \omega_l)}{(\omega_i - \alpha)(\omega_i - \beta)}.$$

Tout est donc terminé.

5. *La même méthode s'applique à toute équation* $v'' = \rho(u, v)\Phi(v', uv' - v)$ *qui convient à des géodésiques.* Les tangentes à une courbe de *classe* 3 représentent alors des géodésiques. Une transformation projective sur (u, v) permet de ne prendre pour la cubique $\Phi(x, y) = 0$, que les *formes types*, par exemple $\Phi = y^2 - 4x^3 + g_2 x + g_3$ (cubique générale), cubique à point double (strophoïde), puis les cubiques décomposables : conique et sécante, conique et tangente, trois droites, etc. Il y a au plus trois variables caractéristiques ; des quadratures et des intégrales définies conduisent toujours au résultat. Le détail de ces recherches paraîtra dans un autre recueil.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence du séjour en montagne sur la productivité de la pomme de terre.* Note de MM. **J. Costantin**, **P. Lebard** et **J. Magrou**.

Pour vérifier si le séjour en montagne est capable d'exercer une influence sur les semences de Pomme de terre, nous avons cultivé comparativement, en plaine, en 1931, deux séries de tubercules ; l'une des séries provenait de plants cultivés l'année précédente en montagne, l'autre série était issue de plants de mêmes variétés et, autant que possible, de même origine, mais qui avaient été cultivés en plaine en 1930.

L'expérience a porté d'une part sur des variétés sélectionnées, exemptes de maladies à virus ; d'autre part sur des variétés atteintes d'enroulement.

Variétés saines : 1° *Triumph*, 3 tubercules provenant de cultures sélectionnées de Grignon ; en 1930, l'un de ces tubercules a été cultivé à Villar-d'Arène (Hautes-Alpes, 1650m d'altitude), les deux autres à Fontainebleau.

2° *Imperia*, 3 tubercules, même origine et même répartition, en 1930, que pour la variété précédente.

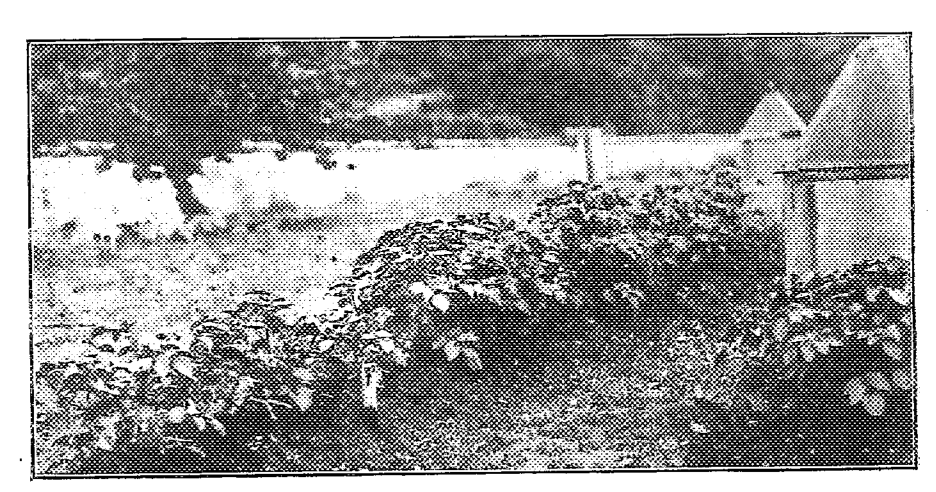
Variétés atteintes d'enroulement : 1° *Belle de Juillet* ; 2° *Royal Kidney* (tuber-

cules achetés dans le commerce, mais paraissant constituer des lots homogènes quant à leur degré d'infection). Une partie de ces tubercules a été plantée, en 1930, à Villar-d'Arène, l'autre à Fontainebleau.

3° Une variété déjà montagnarde récoltée, en 1929, au Mont-de-Lans (Hautes-Alpes, 1280^m). Les tubercules de cette variété, tous originaires d'une même touffe, ont été cultivés, en 1930, d'une part à Villar-d'Arène, d'autre part à Fontainebleau.

Pour toutes ces variétés, les cultures de 1930, en montagne (Villar-d'Arène), ont été faites en terrain fertile, fumé, et l'on a pratiqué le buttage des touffes. Les cultures en plaine de la même année (Fontainebleau) ont été faites dans un terrain sablonneux, non fumé et sans buttage de touffes. Pour avoir en 1931 des résultats comparables, nous avons planté en plaine, deux par deux, des tubercules de chaque variété, de même poids, et portant chacun le même nombre de germes, l'un des tubercules de chaque couple provenant de Fontainebleau, l'autre de Villar-d'Arène. Les cultures ont été réparties en deux champs d'expérience, l'un à Brunoy en Seine-et-Oise (terrain fertile, fumé, touffes buttées), l'autre à Fontainebleau (mêmes conditions de culture qu'en 1930). Le tableau ci-après terminant cette Note donne les rendements obtenus.

Le tableau montre qu'à Brunoy, dans des conditions de culture favo-



Pieds de *Triumph* âgés de 2 mois, cultivés en 1931 à Brunoy (Seine-et-Oise). A gauche, souche de Fontainebleau (plaine); à droite, souche (notablement plus haute et plus vigoureuse) de Villar-d'Arène (1650^m d'altitude, montagne).

rables, le rendement des pieds d'origine montagnarde a été nettement supérieur, l'écart moyen pour 100 (calculé par rapport au rendement moyen le plus faible) étant de 27,3 pour la variété *Triumph* et de 61,1 pour

la variété *Imperia*. D'autre part, les lots d'origine montagnarde ont été plus précoces que les lots provenant de Fontainebleau (4 à 5 jours d'avance) et les touffes atteignaient une plus grande hauteur (voir la figure).

Taille des touffes à Brunoy.

	Age.	Souche Fontainebleau.	Souche V.-d'Arène.
Triumph	2 mois	30 à 40 cm	45 à 60 cm
	3 mois	130 à 145	140 à 150
Imperia	2 mois	20 à 25	30 à 35
	3 mois	85 à 95	95 à 100

A Fontainebleau, les lots des deux origines n'ont manifesté aucune différence de précocité ni de hauteur des touffes. Les différences entre les rendements moyens sont faibles et ne dépassent pas parfois la limite des variations fortuites que l'on observe en partant de semences aussi identiques que possible, mais nous attirons l'attention sur ce fait que les différences sont toutes en faveur des pieds d'origine montagnarde.

En résumé, des tubercules de pomme de terre issus de plantes saines et cultivées un an à 1650^m d'altitude ont donné, dans un terrain de plaine fertile et fumé, des plans plus précoces, plus développés, et une récolte plus abondante que des tubercules identiques, de même origine et plantés dans des conditions rigoureusement semblables, mais provenant de plantes cultivées en plaine l'année précédente. Si les cultures comparatives de deuxième année, en plaine, sont faites dans un sol pauvre et non fumé, ou à partir de variétés atteintes d'enroulement ces différences s'atténuent au point de devenir nulles (en ce qui concerne la précocité et la taille des plants) ou parfois minimes (en ce qui concerne le rendement).

Malgré les résultats encourageants de ces essais préliminaires, il conviendra, avant d'en tirer des conclusions, de reprendre l'expérience sur une plus grande échelle et de la poursuivre pendant plusieurs années. On doit se demander si les augmentations de rendement observées après séjour à la montagne se retrouveront lors des récoltes ultérieures. Le résultat obtenu avec la variété montagnarde du Mont-de-Lans (voir le tableau) semblerait indiquer que les différences s'atténuent dès la deuxième année. En effet nous avons comparé à Fontainebleau, en 1931, deux souches de cette variété, l'une provenant directement de la montagne, l'autre déjà cultivée en plaine l'année précédente; cette dernière a donné un rendement nn peu moindre (8 pour 100 au lieu de 9,4 : différence faible), ce qui n'aurait pas dû avoir lieu si l'effet du séjour en montagne se prolongeait

invariable au delà de la première année. Mais il serait prématuré de conclure d'après cette expérience unique, faite seulement à Fontainebleau (dans les conditions de culture pauvre) et sur une variété dégénérée.

Rendements par pieds.		Rendements moyens.			
Souche Fontainebleau.	Souche Villar-d'Arène.	Souche Fontainebleau.	Souche V.-d'Arène.	Différence.	Pourcentage en plus.
I. — Cultures de Brunoy (1931).					
Triumph (sain).					
6 pieds=14800g	5 pieds=15700g	2467g	3140g	673g	27,3
Imperia (sain).					
2100g	2570g	1348	2172	824	61,1
1500	2320	–	–	–	–
1150	2170	–	–	–	–
1090	2000	–	–	–	–
900	1800	–	–	–	–
II. — Cultures de Fontainebleau, 1931 (mêmes conditions de culture qu'en 1930).					
Triumph (sain).					
1230	1435	773	864	91	11,7
1140	1250	-	–	–	–
970	700	–	–	–	–
500	620	–	–	–	–
400	600	»	–	–	–
400	580	–	–	–	–
Imperia (sain).					
500	605	397	441	44	11,0
470	520	–	–	–	–
435	445	–	–	–	–
420	400	–	–	–	–
310	360	–	–	–	–
250	315	–	–	–	–

Rendements par pieds.		Rendements moyens.			
Souche Fontainebleau.	Souche Villar-d'Arène.	Souche Fontainebleau.	Souche V.-d'Arène.	Différence.	Pourcentage en plus.
Belle de Juillet (enroulement).					
500g	490g	407g	422g	15g	3.7
405	435	–	–	–	–
375	420	–	–	–	–
350	400	–	–	–	–
-	365	–	–	–	–
Royal Kidney (enroulement).					
685	785	481	526	45	9,4
550	585	–	–	–	–
500	565	–	–	–	–
400	385	–	–	–	–
270	310	–	–	–	–
Variété originaire du Mont-de-Lans (1) (1281m alt.) (enroulement).					
495	590 610	459	496-502	37-43	8-9,4
490	600 630	–	–	–	–
460	495 465	–	–	–	–
390	300 305	–	–	–	–

PHOTOGRAPHIE. — *Obtention d'images négatives à grains fins par développement.* Note (2) de MM. **A. Lumière** et **A. Seyewetz**.

Le problème de l'obtention par développement d'images photographiques à grains fins à partir d'émulsions négatives rapides présente un grand intérêt pour les nombreuses applications photographiques où il est nécessaire d'agrandir l'image.

Lorsqu'on développe une plaque photographique avec les divers révélateurs, on constate que les grains d'argent réduit qui forment l'image ont une dimension qui est fonction de la grosseur initiale des particules de bromure d'argent constituant l'émulsion sensible. Ce résultat est très normal si l'on suppose que ce sont les grains initiaux d'halogénure d'argent

(1) Pour cette variété, il a été planté deux séries de tubercules originaires de Villar-d'Arène, provenant chacune d'une touffe différente.

(2) Séance du 9 novembre 1931.

qui se transforment en argent sous l'influence du développateur, lequel absorbe leur ion Br. Nous avons remarqué antérieurement que la *para-phénylène-diamine* qui, en présence des alcalis caustiques ou carbonatés, se comporte à ce point de vue comme les autres révélateurs, jouit de la curieuse propriété de donner des images à grains beaucoup plus fins que ceux de l'émulsion initiale, lorsqu'on additionne le révélateur de sulfite de soude seul ou d'une substance à réaction alcaline faible, comme le borax.

Cette remarque nous avait engagés à préconiser l'emploi de ce révélateur dans toutes les applications où la finesse du grain des images pouvait présenter des avantages, mais jusqu'ici ce développateur n'avait pu être mis en œuvre que dans des cas très limités parce qu'il nécessite non seulement une surexposition de l'image, mais il fournit des phototypes voilés et d'aspect dichroïque, manquant d'opacité dans les parties les plus irradiées et peu favorables de ce fait, au tirage des positifs.

En remplaçant le borax par une petite quantité de substance pouvant jouer le rôle d'alcali caustique, comme le *phosphate trisodique*, nous avons pu supprimer ces inconvénients et constituer un révélateur donnant des images à grains très fins, exemptes de voile et sans qu'il soit nécessaire de surexposer les plaques, à conditions toutefois de prolonger, pendant une heure environ, la durée de développement (¹). En outre, si l'on intensifie le phototype d'aspect dichroïque ainsi obtenu, avec un renforçateur convenable, tel que le renforçateur chlorochromique, on obtient une image noire non dichroïque, d'une bonne gradation, convenant bien au tirage des positifs, sans que la grosseur des grains ait été ainsi augmentée d'une façon appréciable par le renforcement.

Il était intéressant de rechercher si l'application de cette méthode à des émulsions lentes, présentant déjà une grande finesse de grains, conduisait à des images dont les particules élémentaires seraient encore de plus petites dimensions, mais nous avons constaté que cette hypothèse ne se confirme pas et que le grain d'argent devient même plus gros, dans ce cas, que celui qu'on obtient avec un révélateur normal.

(¹) Ce révélateur a la composition suivante :

Eau	1000^{cm^3}
Sulfite de soude anhydre	60^{g}
Paraphénylène-diamine	10^{g}
Phosphate trisodique	2^{g}
Bromure de potassium	1^{g}

D'une façon plus systématique, nous avons comparé les dimensions des grains d'argent réduit résultant du développement à la paraphénylène-dia-

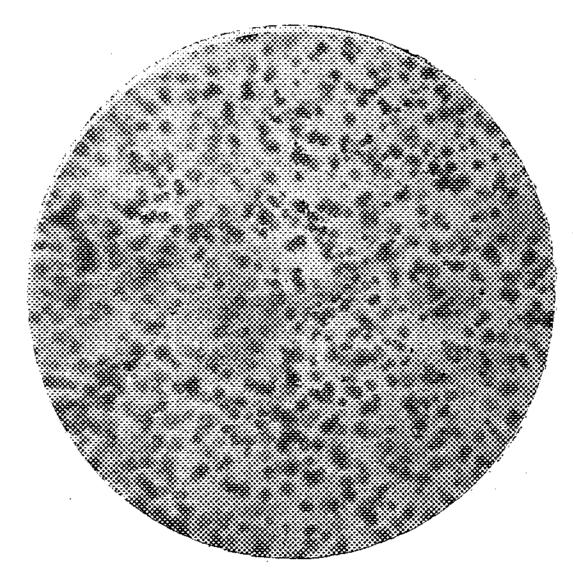


Fig. 1. — Plaque Opta développée au génol-hydroquinone (grossissement 500 D).

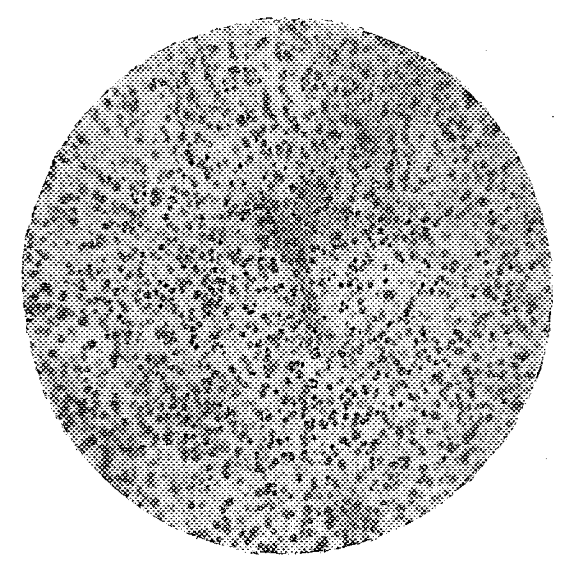


Fig. 2. — Plaque Opta développée à la paraphénylène diamine (grossissement 500 D).

mine aux dimensions des éléments de la préparation sensible avant tout traitement.

Les essais ont porté sur les types d'émulsions Lumière suivants que nous classons dans l'ordre décroissant de grosseur de leurs particules de bromure d'argent :

Émulsion Lumière Opta........................	extra-rapide
Émulsion Lumière Étiquette bleue.................	très rapide
Émulsion Lumière Micro.........................	rapide
Émulsion Lumière Étiquette rouge.................	lente

On constate alors que la grosseur du grain d'argent est sensiblement la même dans tous les cas, les émulsions Opta et Étiquette bleue donnant, en effet, des images à grains beaucoup plus fins qu'avec les révélateurs ordinaires, l'émulsion *Micro* conduisant sensiblement à la même grosseur de grain et l'émulsion *Étiquette rouge*, au contraire, à des grains plus gros.

Cette uniformité de la grosseur des grains permet de supposer que le processus du développement à la paraphénylène-diamine est différent de celui des autres révélateurs, et qu'il a lieu vraisemblablement en deux phases comportant d'abord la dissolution du bromure d'argent dans le révélateur, puis précipitation de l'argent dissous sur les germes comme dans le développement physique.

Nous donnons ci-contre deux microgrammes obtenus sur plaque Opta Lumière dont l'un correspond au développement ordinaire au génol-hydroquinone, et l'autre au développement avec la paraphénylène-diamine et phosphate trisodique.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur les éclairs fulgurants ascendants.* Note de M. E. MATHIAS.

1. D'après le Dr Simpson [1], l'éclair fulgurant, descendant ou ascendant, est une *décharge continue d'électricité positive*. Le propre de l'électricité positive étant de descendre les potentiels, l'éclair descendant d'un nuage positif à la terre (potentiel zéro) se composera habituellement d'un trait lumineux plus ou moins vertical, se subdivisant à l'approche du sol en traits de plus en plus minces à mesure qu'ils s'éloignent de l'origine. Comparé à un arbre lumineux réduit à sa tige et à ses branches, l'éclair descendant *a sa tige en haut et ses branches en bas*, conformément à la théorie.

L'éclair ascendant se produit habituellement par l'induction d'un puis-

---

(1) Dr SIMPSON, F. R. S., *On Lightning* (*Proc. Roy. Soc.*, A, 111, 1926, p. 76).

sant nuage négatif sur la terre, dont la surface se recouvre d'électricité positive là où l'induction est maxima; à un certain moment part de la terre un éclair ascendant *positif* allant du potentiel zéro vers les potentiels négatifs du nuage inducteur. L'éclair ascendant peut aussi partir d'un nuage positif isolé surmonté de nuages négatifs. Dans ce cas, l'éclair ascendant, plus ou moins vertical, descend les potentiels en allant du potentiel positif du nuage générateur vers les nuages négatifs supérieurs. Dans les deux cas, *la tige lumineuse est en bas et les branches en haut.*

La vérification de ce second cas est très importante pour la théorie du Dr Simpson. Malheureusement les photographies d'éclairs ascendants sont rares, et celle du Mémoire *On Lightning* considérée comme très douteuse. Des preuves nouvelles seraient désirables. En dehors de la photographie, on est réduit aux *dessins* d'éclairs ascendants de la période comprise entre la célèbre Notice d'Arago sur le tonnerre (1837) et l'application de la méthode photographique à l'étude de l'éclair (1888). Pendant cette période, nous avons pu trouver cinq dessins d'éclairs ascendants qui apportent à la thèse considérée une vérification éclatante. Les deux premiers, empruntés à C. Flammarion (1), ont déjà été utilisés dans ce but par nous, et aussi pour donner l'explication de formes jusque-là incomprises.

2. Les trois autres observations ne le cèdent en rien aux autres comme intérêt.

La plus ancienne, 16 juillet 1850, est due au grand physicien Joule (2), elle était oubliée. En voici la partie essentielle : « ... Chaque décharge paraissait émaner d'une masse de nuages dans le SW et voyageait sans doute 6 à 10 milles dans la direction du spectateur *se subdivisant en une demi-douzaine ou plus d'étincelles ou courants de lumière..., la terminaison de chacune de ces étincelles étant, en plusieurs cas, ... subdivisée de nouveau en plusieurs étincelles plus petites.*

» ... Un autre trait caractéristique remarquable de l'éclair était *le temps appréciable de son voyage du côté de l'observateur.* Les principaux courants de lumière *furent toujours formés avant la divergence des étincelles ;* et quand cette divergence était réalisée, *le courant restait constant un instant appréciable, jusqu'à ce que l'ensemble disparût d'un seul coup...* »

Les deux autres éclairs dont il nous reste à parler sont ceux des pages 380

(1) C. Flammarion, *Les phénomènes de la foudre* p. 66-67 (Paris, Ernest Flammarion, éditeur; sans date).

(2) James Prescott Joule, *Phil. Mag.*, 3e série, 37, 1850, p. 127.

et 381 du livre de Liais ([1]). Ils ont été oubliés, malgré leur beauté singulière : 1° parce qu'ils étaient incompréhensibles à l'époque ; 2° parce qu'à notre avis la description minutieuse de l'orage du 16 juillet 1859 n'est pas claire. Pour nous, il y avait deux orages simultanés A et B, probablement connexes, dans l'est de San Domingo.

A. « Beaucoup (d'éclairs) semblaient partir *d'une sorte de cumulus très petit* situé à peu de hauteur au-dessus de l'horizon, et se propager avec un mouvement *ascendant* apparent.

B. « D'autres semblaient sortir de *la couche supérieure* (*de nuages*), et se projeter avec un mouvement apparent *inverse*. »

Au lieu de séparer avec soin la description des éclairs *exclusivement ascendants* de l'orage A et les éclairs *exclusivement descendants* de l'orage B, Liais, obnubilé par l'idée, pour lui principale, de la subdivision extrême des éclairs des deux orages simultanés, les a mêlés dans une description passablement confuse. Il en est résulté une diminution sensible de l'intérêt de cette magnifique observation.

L'orage A a une importance prépondérante pour notre objet et aussi parce que, dans nos latitudes moyennes, les éclairs ascendants, beaucoup plus rares que les autres, ont une documentation encore très restreinte.

Éclairs ascendants de l'orage A. — « Le plus remarquable de ces éclairs était *rayonnant*, c'est-à-dire que sa propagation se fit en tous sens en partant d'un centre d'où jaillissaient six branches se subdivisant en une multitude de rameaux. J'ai aussi remarqué des éclairs *arborescents* qui semblaient s'élever de derrière le cumulus dont j'ai parlé.... »

Comme l'a remarqué Flammarion, les deux éclairs ascendants signalés par M. Isely sont bien du type *rayonnant* de Liais ([2]). « Il est probable que la division des éclairs est fréquente dans toutes les contrées orageuses de la zone intertropicale. Elle a même quelquefois lieu dans nos climats, car mon beau-frère, M. Paul Asselin, m'a dit l'avoir observée, il y a une douzaine d'années, près de Cherbourg, un jour où il fut surpris par un orage sur la route de Quettehou.... »

L'observation de Joule montre que la subdivision de l'éclair en cinq branches divergentes fut vue par lui huit ans et demi avant l'orage de San

---

([1]) Emm. Liais, *L'Espace céleste et la Nature tropicale*,... Préface de M. Babinet. Dessins de Yan'Dargent. Paris, Garnier frères, libraires éditeurs (sans date).

([2]) E. Mathias, *Monographie de l'éclair fulgurant*, p. 31, Paris, Les Presses Universitaires, 1930.

Domingo, à une époque sensiblement contemporaine de l'observation de M. Paul Asselin.

3. A propos des éclairs fulgurants ordinaires du 16 juillet 1859, Liais note ceci : « Les éclairs ne se terminaient pas en pointe, mais ils présentaient généralement à l'extrémité où ils s'arrêtaient une forme un peu arrondie. » Pour les éclairs *arborescents* il dit que « c'étaient des éclairs qui présentaient d'ailleurs les mêmes sinuosités et les mêmes terminaisons arrondies que les autres éclairs » ([1]).

Ce qui précède n'est pas un fait du hasard. Certains longs éclairs fulgurants parcourent leur trajectoire avec une vitesse tellement ralentie que leur durée peut atteindre 1, 2, 3 secondes; ils donnent la sensation de cheminer dans un milieu résistant. S'il en est ainsi en général, *une partie de l'énergie de volume de la matière fulminante doit, à chaque instant, se transformer en travail*, c'est-à-dire que *la section droite de l'éclair fulgurant doit diminuer d'une façon continue à mesure que la tête de l'éclair rencontre des potentiels de plus en plus bas*. L'extrémité du rameau le plus ténu étant un *front d'attaque*, la matière fulminante doit y prendre la forme de *résistance maxima*, c'est-à-dire avoir *une terminaison sphérique* ou sensiblement sphérique. C'est bien ce que l'observation oculaire confirme, comme aussi la photographie. Liais a donc ici une antériorité nette sur W. Prinz.

La terminaison sphérique des rameaux ultimes de l'éclair fulgurant, descendant ou ascendant, comme la diminution progressive d'un rameau donné, dans les parties où il ne se subdivise pas, sont donc des conséquences du fait que l'éclair chemine dans un milieu résistant.

M. **P. Sabatier** fait hommage à l'Académie d'un volume intitulé *Cours de Chimie*, troisième partie. *Chimie organique à l'usage des candidats à la licence et à l'agrégation*, par J. Lamirand et H. Pariselle, dont il a écrit la *Préface*.

M. **E. Imbeaux** fait hommage à l'Académie de l'*Annuaire statistique et descriptif des distributions d'eau et égouts de France, Algérie, Tunisie, Maroc et Colonies françaises, Belgique, Suisse et Grand-Duché du Luxembourg*. Troisième édition. Situation au 1er janvier 1930.

([1]) C'est-à-dire que les éclairs fulgurants ordinaires (E. M.).

COMMISSIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **E. Picard**, **Ch. Fabry**, pour la Division des Sciences mathématiques; MM. **L. Bouvier**, **L. Mangin**, pour la Division des Sciences physiques; MM. **V. Grignard**, **P. Weiss**, pour la Division des Membres non résidants, sont élus membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera une liste de candidats à la place de Membre non résidant vacante par le décès de M. *Eugène Cosserat*.

NOMINATIONS.

M. **E. Quénu** est désigné pour représenter l'Académie au centenaire de la naissance de *Félix Guyon*, qui sera fêtée à la Clinique d'Urologie de l'Hôpital Necker le mercredi 9 décembre.

CORRESPONDANCE.

M. **Vito Volterra** adresse l'expression de ses condoléances à propos du décès de M. *G. Kœnigs*.

M. **Léon Schutzenberger** adresse un volume intitulé *Paul Schutzenberger*, 1829-1897.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui désigner un de ses membres, qui occupera, dans le *Conseil National de l'Office national des recherches scientifiques et industrielles et des inventions*, la place vacante par le décès de M. *G. Kœnigs*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *VIIe Centenaire de la fondation de l'*Université de Toulouse, 1229-1929. Livre d'Or.

2° *La Commission européenne du Danube et son œuvre de* 1856 *à* 1931.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur certaines propriétés projectives des familles de surfaces.* Note de M. **Al. Pantazi**, présentée par M. Élie Cartan.

Étant donné dans l'espace ordinaire une famille de surfaces, telle que par chaque point de l'espace il passe une surface de la famille et une seule et qu'un plan de l'espace soit tangent à une surface de la famille et une seule, on peut attacher à chaque point M de l'espace et au plan tangent P correspondant deux droites Δ, Δ', que nous pourrons appeler *transversales projectives*, définies d'une manière précise par les propriétés suivantes : 1° Δ et Δ' sont conjuguées au sens de Darboux par rapport à la surface S passant par M (et tangente à P); 2° Δ et Δ' sont *conjuguées par rapport à la famille de surfaces considérée* en ce sens que lorsque M se déplace sur Δ, P tourne autour de Δ'.

La notion de transversales projectives conduit à la définition d'une *correspondance naturelle* Γ entre les surfaces de la famille, à savoir celle pour laquelle les lignes décrites par les points en correspondance Γ ont pour tangentes des droites Δ et par conséquent, d'après la seconde propriété qui définit Δ et Δ', les surfaces développables enveloppes de plans en correspondance Γ ont des droites Δ' comme arêtes de rebroussement.

Cela étant, on peut se proposer différents problèmes en liaison avec la correspondance Γ. Nous avons considéré par exemple ceux qui demandent à trouver les familles de surfaces pour lesquelles la correspondance Γ satisfait à l'une ou l'autre des propriétés suivantes : 1° de conserver une famille d'asymptotiques (correspondance demi-asymptotique ou Γ''); 2° de réaliser entre les surfaces *une demi-déformation projective* (¹) (correspondance Γ_1); 3° de conserver une infinité de réseaux, auquel cas elle est asymptotique

(¹) Fubini et Čech, *Introduction à la Géométrie projective des surfaces*, § 64, p. 193.

(correspondance Γ''); 4° de réaliser entre les surfaces de la famille *une demi-déformation asymptotique* (¹) (correspondance Γ_2); et enfin 5° de réaliser entre les surfaces *une déformation projective* (Γ_3).

Il est facile de reconnaître d'après la définition que : *a*. toute Γ_3 est en même temps une Γ_2; *b*. toute Γ_2 est une Γ''' aussi bien qu'une Γ_1 ; *c*. Γ''' et Γ_1 sont en même temps Γ''.

Nous voulons montrer ici certains résultats auxquels nous sommes arrivés pour les familles de quadriques et de surfaces réglées.

Pour une famille de quadriques, Γ est toujours Γ_3. De plus les surfaces réglées engendrées par des génératrices en correspondance *coupent harmoniquement* (²) toutes les quadriques. Cette propriété distingue Γ d'avec toutes les correspondances conservant les génératrices.

Pour une famille de surfaces réglées la correspondance Γ est toujours Γ_1, les asymptotiques autour desquelles se réalisent les demi-déformations projectives étant les génératrices rectilignes. Si pour une famille de surfaces réglées la correspondance Γ est Γ''', elle sera nécessairement une Γ_2, les asymptotiques autour desquelles se réalisent les demi-déformations asymptotiques étant encore les génératrices rectilignes. De plus les lignes flecnodales des surfaces de la famille engendrent les nappes focales de la congruence C formée par toutes les génératrices rectilignes. La réciproque est encore vraie. Les familles de surfaces réglées en correspondance Γ_2 dépendent d'une fonction arbitraire de deux arguments; par conséquent le même degré de généralité appartient aussi aux congruences qui se décomposent en une famille de surfaces réglées ayant leurs lignes flecnodales sur les nappes focales, tandis que les congruences (et aussi les familles de surfaces réglées) les plus générales dépendent de deux fonctions arbitraires de deux arguments.

Un cas particulier remarquable est celui où les surfaces réglées de la famille sont à lignes flecnodales confondues. La solution est donnée dans ce cas par une famille de surfaces réglées ayant une même droite déterminée comme ligne flecnodale double (³), solution qui dépend d'une fonction arbitraire de deux arguments, ou bien par les surfaces engendrées par les tangentes d'une famille d'asymptotiques le long d'une famille de lignes de Darboux, d'une surface Σ dépendant de quatre fonctions arbitraires d'un

(¹) Fubini et Čech, *Ibid.*, § 64, p. 195.

(²) E. Cartan, *Cours professé à la Sorbonne* (1930-1931).

(³) Surface D''_1 suivant la notation de M. Mentré.

argument. Les surfaces Σ sont caractérisées par le fait qu'entre leurs invariants (¹) α et β il y a la relation

$$\alpha = \varepsilon\beta \quad \text{avec} \quad \varepsilon^3 = 1.$$

Chaque surface Σ donne d'ailleurs deux solutions du problème suivant qu'on prend la famille de lignes de Darboux définie par (²)

$$\omega_1 + \varepsilon\omega_2 = 0$$

et l'une ou l'autre famille de tangentes asymptotiques.

Enfin, les familles de surfaces réglées pour lesquelles Γ est une Γ_3 sont : ou bien 1° une famille de conoïdes (surfaces D''_0) ayant deux mêmes droites comme directrices, ou 2° une famille de surfaces réglées ayant une même courbe plane comme ligne flecnodale double et, comme cas particulier, 3° une famille de surfaces de Cayley ayant une même directrice. En dehors de ces solutions dépendant de fonctions arbitraires d'un ou de deux arguments, il y a encore des solutions dépendant de constantes arbitraires. Ce sont des familles de surfaces telles que les congruences C correspondantes sont ou bien des congruences de Wilczinsky spéciales, ou bien des congruences de Fubini ayant pour nappes focales deux surfaces isothermo-asymptotiques spéciales.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les systèmes de fonctions qui admettent un théorème d'addition algébrique.* Note de M. **P.-J. Myrberg**, présentée par M. Hadamard.

Traitant des systèmes de fonctions admettant un théorème d'addition algébrique, M. Montel (³) a fait voir que ces fonctions sont analytiques dès qu'elles sont continues. De notre côté nous avions, dans un travail qui date de 1922 (⁴), étudié les fonctions analytiques jouissant de ladite propriété. En nous appuyant sur certaines recherches de Weierstrass et de Poincaré,

---

(¹) E. Cartan, *Déf. projective des surfaces* (*Ann. Ec. Norm.*, 3ᵉ série, 37, 1920, § 15, p. 286).

(²) *Ibid.*, § 28, p. 314.

(³) *Sur les fonctions d'une variable réelle qui admettent un théorème d'addition algébrique* (*Annales de l'École Normale supérieure*, 48, 1931, p. 65-94).

(⁴) *Ueber Systeme analytischer Funktionen, welche ein Additionstheorem besitzen* (*Preisschriften gekrönt und herausgegeben von der Fürstlich Jablonowskischen Gesellschaft zu Leipzig*, 1922).

nous avions réussi, dans ce travail, à démontrer que tout système de fonctions analytiques jouissant de la propriété en question s'exprime algébriquement à l'aide de fonctions abéliennes ou de leurs dégénérescences. En combinant nos résultats avec ceux de M. Montel, on arrivera donc à déterminer d'une manière complète la nature des systèmes de fonctions continues admettant un théorème d'addition algébrique.

Nous demandons à l'Académie la permission de rappeler ici brièvement le résultat principal de notre travail, qui paraît être peu connu.

Nous dirons que le système des fonctions analytiques

$$\varphi_1(u), \quad \varphi_2(u), \quad \ldots, \quad \varphi_n(u) \tag{1}$$

admet un théorème d'addition algébrique, si ces fonctions, pour toutes les valeurs de u et de v, vérifient un système d'équations de la forme

$$\varphi_\nu(u+v) = A_\nu[\varphi_1(u), \ldots, \varphi_n(u); \; \varphi_1(v), \ldots, \varphi_n(v)] \qquad (\nu = 1, 2, \ldots, n), \tag{2}$$

les A_ν étant des fonctions algébriques de tous leurs arguments. Cela posé, on aura ce théorème :

Toute solution analytique du système (2) *peut se mettre sous la forme*

$$\varphi_\nu = \Phi_\nu(\beta_1 u, \beta_2 u, \ldots, \beta_p u) \qquad (\nu = 1, 2, \ldots, n), \tag{3}$$

où $\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_p$ *désignent des paramètres arbitraires et où les* Φ_ν *s'expriment algébriquement à l'aide de fonctions abéliennes, ayant toutes les mêmes périodes, ou de leurs dégénérescences.*

Le nombre $p\,(\leqq n)$ *ainsi que les relations algébriques entre les fonctions* (3) *s'obtiennent par voie algébrique, de même que les conditions nécessaires et suffisantes que doivent remplir les fonctions* A_ν *pour que le système* (2) *admette des solutions analytiques.*

Ce résultat s'étend aux fonctions de plusieurs variables et reste valable aussi dans le cas où les seconds membres des équations (2), en dehors des fonctions (1), renferment algébriquement des dérivées quelconques de ces fonctions.

En terminant nous ferons remarquer que les fonctions abéliennes donnent la solution d'un problème encore plus étendu [1], auquel on parvient en remplaçant dans le système (2) l'addition des arguments par une certaine opération d'un caractère plus général indiquée par Abel [2].

---

[1] Cf. le Mémoire de l'auteur : *Ueber das Additionstheorem analytischer Funktionen* (*Annales Academiae scientiarum fennicae*, 19, 1923, p. 1).

[2] *Œuvres complètes*, 1, p. 61.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les moyennes successives d'une fonction n-métaharmonique*. Note de M. **M. Ghermanesco**, présentée par M. Goursat.

Désignons par μ, μ_1, μ_2, ..., μ_n les moyennes successives d'une fonction u, régulière et sommable dans le domaine D, de l'espace à p dimensions, satisfaisant en tout point de D à l'équation aux dérivées partielles

$$\Delta^n u + \lambda_1 \Delta^{n-1} u + \ldots + \lambda_n u = 0$$

avec

$$\mu_i = \frac{p}{R^p}\int_0^R \mu_{i-1}(P, R) R^{p-1}\, dR \qquad (\mu_0 = \mu),$$

$$\Phi_k^i = \frac{p}{R^p}\int_0^R \Phi_k^{i-1} R^{p-1}\, dR$$

Φ_k étant les fonctions du rayon R que nous avons considérées dans une Note antérieure [1]. On démontre les propriétés suivantes :

a. Si la fonction régulière et sommable u est n-métaharmonique dans D, *on a entre ses* $(n+1)$ *moyennes successives relativement à une hypersphère de rayon* R, *contenue dans* D, *la relation suivante :*

$$\begin{vmatrix} \mu & \Phi_0 & \Phi_1 & \ldots & \Phi_{n-1} \\ \mu_1 & \Phi_0^1 & \Phi_1^1 & \ldots & \Phi_{n-1}^1 \\ \mu_2 & \Phi_0^2 & \Phi_1^2 & \ldots & \Phi_{n-1}^2 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \mu_n & \Phi_0^n & \Phi_1^n & \ldots & \Phi_{n-1}^n \end{vmatrix} = 0.$$

b. Si entre $n+1$ *moyennes successives d'une fonction n, régulière et sommable dans* D, *il y a une relation linéaire de la forme*

$$\mu_{n+i} = \varphi_i \mu_i + \varphi_{i+1}\mu_{i+1} + \ldots + \varphi_{i+n-1}\mu_{i+n-1},$$

les φ_k *dépendant seulement du rayon* R, *alors u est n-métaharmonique dans* D.

c. Toute moyenne μ_i *d'une fonction n-métaharmonique, régulière et sommable dans* D, *satisfait à une équation différentielle linéaire du* $n^{\text{ième}}$ *ordre par rapport au rayon* R, *de la forme*

$$\text{(E)} \qquad \frac{d^n \mu_i}{dR^n} + \varphi_{i1}\frac{d^{n-1}\mu_i}{dR^{n-1}} + \ldots + \varphi_{in}\mu_i = 0,$$

les φ_{ik} *étant des fonctions de* R *seulement.*

---

(1) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 107.

d. Si les moyennes d'une fonction u, régulière et sommable dans D, *satisfont à des équations différentielles du $n^{ième}$ ordre, linéaires par rapport au rayon* R, *de la forme* (E), *alors la fonction u est n-métaharmonique dans* D.

e. La moyenne μ de toute fonction u, régulière et sommable dans D, *satisfait à la relation*

$$\Delta \int_0^R R^{p-1} \mu \, dR = R^{p-1} \frac{\partial \mu}{\partial R};$$

on en déduit

$$\text{(E')} \qquad \boxed{\Delta \mu = B_1(\mu)}$$

B_k ayant la signification que nous lui avons donnée dans une Note antérieure (1). L'importance de l'équation (E') ne saurait échapper. C'est une équation indépendante de la fonction initiale u, quelque chose d'analogue à l'équation intégrale satisfaite par le noyau résolvant d'une équation intégrale et qui permet de déduire les propriétés de la fonction u, en étudiant celles de la moyenne μ. A l'aide de cette équation on retrouve toutes les propriétés connues pour les fonctions harmoniques, métaharmoniques et même n-métaharmoniques, qui se rapportent aux moyennes de ces fonctions. On démontre en premier lieu la propriété générale suivante :

f. Si la fonction u régulière et sommable dans D *satisfait à l'équation* (1) *toutes ses moyennes successives μ_i satisfont à la même équation et réciproquement.* [Pour la réciproque, voir M. Nicolescu (*Rendiconti Lincei*, juin 1931, p. 836-837) dans le cas particulier des fonctions harmoniques et pour $p = 2$.]

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Mécanique quantique de divers processus photochimiques simples.* Note de M. **L. Goldstein**, présentée par M. M. de Broglie.

Le but de la présente Note est de décrire brièvement (2) deux processus de transition photochimique importants dont l'étude expérimentale inaugurée par Franck et ses collaborateurs (3) fournit des critériums précieux sur les modes de liaison intramoléculaire. On se bornera ici au cas des molécules diatomiques en se servant du modèle de Morse qui, appliqué (4) à

(1) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 639.
(2) Une étude plus complète paraîtra ailleurs.
(3) J. Franck, H. Kuhn et G. Rollefson, *Z. Phys.*, 43, 1927, p. 155.
(4) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 485.

l'étude de la distribution de l'intensité dans les bandes continues du spectre de H^2, conduisait à des résultats en bon accord avec l'expérience.

I. Le premier processus est le suivant : on irradie une molécule diatomique par un rayonnement de fréquence ν (à $d\nu$ près). Si cette radiation de fréquence convenable est absorbée par la molécule (existence de moment électrique), elle peut provoquer la transition du système nucléaire depuis l'état initial — qui peut être l'un des niveaux de vibrations discrets correspondant à l'état électronique le plus profond — vers l'état final continu, donc la dissociation, où l'un des atomes possède une énergie cinétique définie dans son mouvement relatif à l'autre atome. La probabilité de dissociation photochimique se ramène donc à la probabilité de transition indiquée provoquée par la radiation. Si $D_{n,\varepsilon}^{W,\varepsilon}(\nu)$ désigne cette probabilité de dissociation, il est clair que l'on a

$$(1) \qquad D_{n,\varepsilon}^{W,\varepsilon}(\nu)\,d\nu = B_{n,\varepsilon}^{W,\varepsilon}\rho(\nu)\,d\nu,$$

n est le nombre quantique de vibrations et ε désigne l'ensemble des nombres quantiques électroniques, $\rho(\nu)$ est la densité de la radiation employée et $B_{n,\varepsilon}^{W,\varepsilon}$ est le coefficient bien connu d'Einstein avec l'un des états situés dans le spectre continu des valeurs propres. Dans le cas qui nous occupe nous pouvons écrire

$$(2) \qquad B_{n,\varepsilon}^{W,\varepsilon} = \frac{2\pi^3 c^3}{3h}\nu\,|M_{n,\varepsilon}^{W,\varepsilon}|^2,$$

$M_{n,\varepsilon}^{W,\varepsilon}$ est le moment électrique de la molécule relatif à la transition considérée. Si E désigne la charge du dipôle, on a, laissant de côté l'indice ε,

$$(3) \qquad M_n^W = E\int r\overline{\Psi}_{n,\varepsilon}(r_i, r)\Psi_{W,\varepsilon}(r_i, r)\,d\tau_i\,dr,$$

où $\Psi(r_i, r)$ désigne la fonction d'onde complète de la molécule, r_i les rayons vecteurs électroniques et r la séparation nucléaire (on néglige la rotation). Dans la plupart des cas il est légitime d'appliquer l'approximation qui consiste à mettre $\Psi(r_i, r)$ sous la forme d'un produit $\psi_{n,\varepsilon}(r_i, r)\varphi_n(r)$ et qui conduit au moment approché

$$(4) \qquad \mathfrak{M}_n^W = E\int_{-\infty}^{+\infty} r\,\overline{\varphi_n(r)}\,\varphi_W(r)\,dr.$$

Les fonctions d'onde à l'état initial sont :

$$(5) \qquad \begin{cases} \varphi_n(r) = \mathfrak{N}(n)e^{-de^{-a\,r-r_e}}[2de^{-a\,r-r_e}]^{d-n-\frac{1}{2}}F[-n,\ 2(d-n),\ 2de^{-a\,r-r_e}], \\ \mathfrak{N}(n)^2 = \dfrac{[2(d-n)]_n}{n![2(d-n-1)]!}; \qquad u_k = u(u+1),\ \ldots,\ (u+k-1); \end{cases}$$

et à l'état final on peut décrire l'un des atomes dans son mouvement par rapport à l'autre par une onde plane de de Broglie de la forme e^{ipr} où p est sa quantité de mouvement en unité $\frac{h}{2\pi}$. Remplaçant dans (4), il vient :

$$(6)\quad M_n^W = E\mathfrak{N}(n)\int_{-\infty}^{+\infty} r\, e^{-de^{-a(r-r_e)}}\left(2de^{-a(r-r_e)}\right)^{d-n-\frac{1}{2}} F\, e^{-ipr}\, dr$$

$$= -E\mathfrak{N}(n)\frac{e^{-ipr_e}}{a(2d)^{\frac{ip}{a}}}\sum(-1)^\lambda\binom{n}{\lambda}\frac{2^{d+\lambda-n-\frac{1}{2}+\frac{ip}{a}}}{[2(d-n)]_\lambda}$$

$$\times\Gamma\left(d+\lambda-n-\frac{1}{2}+\frac{ip}{a}\right)\left[r_e+\frac{1}{a}\log d-\frac{1}{a}\Psi\left(d+\lambda-n-\frac{1}{2}+\frac{ip}{a}\right)\right]$$

avec

$$(7)\qquad \Psi(x)=\frac{d\log\Gamma(x)}{dx}=-C+\sum_{s=0}^{\infty}\left(\frac{1}{s+1}-\frac{1}{x+s}\right);$$

C est la constante d'Euler. On tire de (6)

$$(8)\quad |M_n^W|^2=\frac{E^2}{a^2}\frac{[2(d-n)]_n}{n![2(d-n-1)]!}\sum\binom{n}{\lambda}^2\frac{2^{2\left(d+\lambda-n-\frac{1}{2}\right)}}{[2(d-n)]_\lambda^2}\left[\Gamma\left(d+\lambda-n-\frac{1}{2}\right)\right]^2 e^{-\sum_{s=0}^{\infty}\log\left[1+\frac{\left(\frac{p}{a}\right)^2}{\left(d+\lambda-n-\frac{1}{2}+s\right)^2}\right]}$$

$$\times\left\{\left(r_e+\frac{1}{a}\log d-\frac{C}{a}\right)^2+\frac{1}{a^2}\sum_{s=0}^{\infty}\left[\frac{1}{(s+1)^2}+\frac{1}{\left(d+\lambda-n-\frac{1}{2}+s\right)^2+\frac{p^2}{\omega^2}}\right]\right\}$$

tenant compte de l'expression des fonctions Γ à argument complexe. Donc finalement, avec (2), on aura

$$(9)\qquad D_{n,\varepsilon}^{W,\varepsilon}(\nu)\,d\nu=\frac{2\pi^3c^3}{3h}|M_n^W|^2\nu\,\rho(\nu)\,d\nu$$

avec M_ε^W donné par (8).

II. Le deuxième processus de dissociation consiste en l'excitation simultanée d'un niveau électronique discret et d'un niveau continu nucléaire appartenant à cet état électronique excité. Les produits de dissociation sont ici un atome excité et un atome normal. Dans le calcul de ce processus on est obligé d'employer les approximations indiquées dans la Note citée. La probabilité de la dissociation $D_{n,\varepsilon}^{W',\varepsilon'}(\nu)$ sera donnée par

$$(10)\qquad D_{n,\varepsilon}^{W',\varepsilon'}(\nu)\,d\nu=B_{n,\varepsilon}^{W',\varepsilon'}\rho(\nu)\,d\nu$$

avec

$$(11)\quad B_{n,\varepsilon}^{W',\varepsilon'}=\frac{2\pi^3e^3}{3h}\nu|M_{n,\varepsilon}^{W',\varepsilon'}|^2=\frac{2\pi^3c^3}{3h}\nu\left|e\sum\int r_i\psi_{n,\varepsilon}(r_i,r)\overline{\psi_{W',\varepsilon'}(r_i,r)}\varphi_n(r)\overline{\varphi_{W'}(r)}\,dr\,d\tau_i\right|^2.$$

Posant

$$H_{\varepsilon\varepsilon'}(r) = e \sum \int r_i \psi_{n,\varepsilon}(r_i, r) \overline{\psi_{W',\varepsilon'}}(r_i, r) \, d\tau_i, \tag{12}$$

le moment électrique de la transition sera

$$M_{n,\varepsilon}^{W',\varepsilon'} = \int_{-\infty}^{+\infty} H_{\varepsilon\varepsilon'}(r) \varphi_n(r) \overline{\varphi_{W'}}(r) \, dr. \tag{13}$$

Par un raisonnement analogue à celui appliqué dans un autre problème, on peut calculer une valeur approchée de l'intégrale précédente qui donne la probabilité de dissociation approchée, k désignant une constante,

$$D_{n,\varepsilon}^{W',\varepsilon'}(\nu) \, d\nu \sim \frac{2\pi^3 c^3}{3h} k \nu \rho(\nu) \frac{[2(d-n)]_n}{n! [2(d-n-1)]!} \times \sum \binom{n}{\lambda}^2 \frac{2^{2\left(d+\lambda-n-\frac{1}{2}\right)}}{[2(d-n)]_\lambda^2} \left[\Gamma\left(d+\lambda-n-\frac{1}{2}\right)\right]^2 e^{-\sum_{s=0}^{\infty} \log\left[1+\frac{\left(\frac{p'}{a}\right)^2}{\left(d+\lambda-n-\frac{1}{2}+s\right)^2}\right]}. \tag{14}$$

Les formules (9) et (14) régissent les deux phénomènes. L'expérience donne une juxtaposition de ces processus qui se traduit par une courbe d'absorption continue de la molécule. La théorie permet de représenter les divers tronçons de cette courbe relatifs à différents processus et leur allure correspond bien à la courbe d'absorption observée.

ÉLECTRICITÉ. — *Particularités des cellules semi-conductrices au chlorure de plomb.* Note [1] de M. G. **Déchène**, présentée par M. Cotton.

Les travaux de M. G. Reboul ont montré qu'une substance semi-conductrice, traversée par un courant électrique, est en général le siège de l'émission d'un rayonnement absorbable. Cette émission est localisée aux surfaces d'entrée et de sortie du courant et est corrélative de l'existence sur ces surfaces d'une brusque discontinuité du potentiel. Ces discontinuités s'expliquent par l'existence d'une forte concentration d'ions, provoquée par le passage du courant dans une couche mince au contact des électrodes.

L'étude de l'intensité du courant à travers la cellule, des discontinuités du potentiel et de l'intensité du rayonnement est compliquée, pour la plu-

[1] Séance du 9 novembre 1931.

part des corps, par le fait que ces grandeurs varient avec le temps et que, d'une manière plus générale, l'état d'une cellule dépend de son histoire antérieure.

Dans le cas des cellules au chlorure de plomb, les discontinuités de potentiel restent presque constantes, ce qui facilite leur étude.

Les cellules étudiées ont été obtenues par compression de chlorure de plomb à la presse hydraulique dans un moule d'ébonite. Les principaux résultats expérimentaux observés sont décrits ci-dessous.

I. *Résultats relatif à la conductibilité de la cellule.* — 1. L'intensité i du courant croît plus rapidement que la différence de potentiel V appliquée entre les électrodes, de sorte que la résistance apparente $R = \frac{V}{i}$ est d'autant plus grande que V est plus petit.

2. Quand on fait augmenter V, la différence de potentiel entre deux sondes placées à l'intérieur de la cellule est exactement proportionelle à l'intensité du courant. La loi d'Ohm est donc applicable et le résultat signalé ci-dessus tient à ce que les discontinuités ρ_1 et ρ_2 du potentiel aux électrodes augmentent moins vite que la différence de potentiel appliquée V.

On peut écrire $i = \frac{V - (\rho_1 + \rho_2)}{r}$, r désignant la résistance vraie de la cellule.

3. La conductibilité de la cellule, bien définie à un instant donné, subit pendant les premières heures de passage du courant une diminution importante qui l'amène à une valeur plusieurs fois plus faible que sa valeur initiale. Cette diminution ne se produit que si la cellule est neuve ou s'est reposée un temps assez long.

4. La conductibilité croît rapidement avec la température.

5. Elle dépend de la compression du sel et est d'autant plus faible que cette compression est meilleure.

II. *Résultats relatifs aux discontinuités du potentiel aux électrodes.* — 1. Les discontinuités du potentiel aux électrodes apparaissent dès la fermeture du circuit.

2. Elles sont indépendantes du sens du courant. Si les deux électrodes ont même surface et si la compression du sel y est identique, les discontinuités, aux surfaces d'entrée et de sortie du courant, sont égales.

3. Si la compression du sel n'est pas uniforme, la discontinuité du potentiel est plus grande sur la face la plus comprimée.

4. Si les deux électrodes ont des surfaces différentes, la discontinuité du potentiel est plus grande à la plus petite électrode, la densité du courant au passage sel-électrode y étant supérieure.

5. La valeur des discontinuités est indépendante de la nature des électrodes.

6. Les variations de conductibilité provenant du passage du courant ou d'une variation de température provoquent de légères variations des discontinuités.

Si la variation de température ne se produit qu'au voisinage d'une électrode, elle y produit une diminution importante de la discontinuité.

7. La différence de potentiel appliquée entre les électrodes se compose de trois termes : discontinuités du potentiel v_1 et v_2 et chute ohmique de potentiel v_3 à travers la cellule. Si l'on diminue la longueur de la cellule en maintenant constante l'intensité, les deux premiers termes v_1 et v_2 restent constants et le terme v_3 est proportionnel à la largeur l

$$v_3 = al.$$

La résistance apparente $R = \frac{v_1 + v_2}{i} + \frac{a}{i} l$ n'est pas, en général, proportionnelle à l, mais dès que l est petit (quelques millimètres), elle garde la valeur constante $\frac{v_1 + v_2}{i}$.

8. Les discontinuités du potentiel apparaissent même si la différence de potentiel appliquée à la cellule est très faible (de l'ordre du volt) et sont même relativement d'autant plus importantes que cette différence de potentiel est plus petite.

III. *Résultats relatifs au rayonnement des cellules.* — 1. L'intensité du rayonnement est mesurée à l'aide d'une chambre d'ionisation fermée par une grille sur laquelle s'appuie la face de la cellule dont on étudie l'émission.

L'intensité du courant d'ionisation dépend du sens du champ extracteur, car l'émission comprend, non seulement un rayonnement électromagnétique absorbable, mais un rayonnement corpusculaire (électrons à l'anode, rayons positifs à la cathode).

2. L'intensité du rayonnement diminue au début de l'émission, puis reste sensiblement constante.

3. Cette intensité est plus grande si la face étudiée est anode que si elle est cathode.

4. L'intensité du rayonnement est nulle pour de faibles différences de potentiel et croît d'abord très rapidement avec la tension appliquée à la

cellule. Mais, pour des tensions élevées (10000 volts), les discontinuités aux électrodes et le rayonnement qu'elles produisent croissent faiblement quand la tension appliquée aux électrodes augmente.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la conductibilité électrique de l'acétone en courant continu.* Note de M. **Garrigue**, présentée par M. Ch. Fabry.

I. J'ai montré (1) comment on supprimait les perturbations rapides, en fonction du temps, de l'intensité du courant circulant entre deux électrodes plongées dans l'acétone pure, entre lesquelles on maintient constante une différence de potentiel de l'ordre de 100 V. J'ai repris ces expériences par l'enregistrement photographique, en étudiant des échantillons divers d'acétone et de nitrobenzène.

a. L'emploi d'une paroi perméable, disposée entre les deux électrodes, modifie les constantes de diffusion des localisations chimiques engendrées au voisinages des électrodes, par le passage du courant; les perturbations rapides peuvent être soit atténuées, soit supprimées.

b. Ces perturbations d'intensité sont en corrélation avec les perturbations du potentiel d'une sonde placée dans la colonne liquide, au voisinage d'une électrode.

c. Les localisations chimiques, mises déjà en évidence sur des liquides isolants même très purifiés (2), sont décelées par une répartition du potentiel qui, au lieu d'être linéaire, comme c'est le cas si la colonne conductrice suit la loi d'Ohm, présente une forme incurvée qui indique que la conductibilité de la région positive est supérieure ou inférieure, suivant le liquide étudié, à celle de la région négative.

d. L'action des variations lentes de température, dans le cas de l'acétone, est inappréciable, et celle de la lumière blanche, qui consiste en une hydrolyse, est très lente, et négligeable pendant la durée des expériences.

II. L'existence de ces localisations chimiques m'a permis de rechercher l'équation du courant moyen I en fonction du temps T, en me basant sur le fait bien établi (3) de l'épuration partielle des liquides mauvais conducteurs, sous l'action du courant continu. Cette équation est, sous sa forme

(1) *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1406.
(2) Warburg, *Wied. Ann.*, 54, 1895, p. 396.
(3) J. Carvallo, *Conductibilité des liquides purs* (*Thèse*, Paris, 1913).

différentielle

$$I = I_\infty - A\frac{dI}{I\,dt},$$

où A est une constante positive, dépendant des conditions de l'expérience et de la nature du liquide; sous sa forme simple

$$\log\frac{I - I_\infty}{I} = \text{Fonction linéaire de T} \quad (F).$$

La courbe représentative de cette fonction F dégénère en une hyperbole équilatère si I_∞ devient négligeable devant I.

J'ai vérifié cette loi, avec une bonne exactitude pour le nitrobenzène, et dans un grand nombre de cas, pour l'acétone (récipients de forme variable, électrodes de divers métaux, champs électriques de 20 à 200 v/cm).

Elle se vérifie dans certains cas, sur les courbes obtenues pour le benzène pur, étudié par un procédé électrométrique.

L'enregistrement photographique m'a donné, *dans cetaines conditions*, en utilisant des parois perméables occupant tout l'espace compris entre les électrodes immergées dans le nitrobenzène commercial, des *hyperboles équilatères d'une régularité absolue*, représentatives de l'intensité I, en fonction du temps T.

J'ai obtenu également, en utilisant des électrodes très rapprochées de petite dimension (2^{mm} de côté) et dépourvues de paroi perméable, des courbes répondant à la fonction F, mais possédant des perturbations oscillantes, dont la période, de l'ordre de la minute, se maintenait constante pendant plusieurs heures.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur quelques propriétés de thermocouples à vide.* Note de M. **J. Jaffray.**

Pour mesurer l'intensité des faibles courants alternatifs de toutes fréquences, on utilise parfois l'ensemble formé par un thermocouple à vide et un galvanomètre. On gradue l'appareil, le galvanomètre et le thermocouple étant en général à la même température.

J'ai été amené à étudier, pour plusieurs thermocouples à vide [1], la

---

[1] Provenant tous de la Cambridge Instrument Co de Londres.

relation entre l'intensité I, parcourant la résistance chauffante et la déviation du cadre d'un galvanomètre sensible de Moll, mesurée par la déviation Δ d'un spot sur une échelle divisée. Le galvanomètre était convenablement shunté pour réaliser au mieux l'amortissement critique et une grande sensibilité.

On a étudié deux types de thermocouples. Dans le premier type, dit ancien modèle, il y a contact entre la résistance chauffante et la soudure chaude du couple. Dans le second type, dit nouveau modèle, la résistance chauffante est isolée électriquement mais non thermiquement de la soudure chaude du couple.

Voici les résultats généraux. Si l'on trace la courbe donnant $\log \Delta$ en fonction de $\log I$, dans un intervalle donné d'intensité, on constate que c'est très sensiblement une droite, ce qui prouve que l'on peut écrire

$$\Delta = KI^n.$$

En calculant K et n par les méthodes usuelles (moindres carrés), on constate que n varie avec le thermocouple et n'est pas, en général, égal à 2.

Voici par exemple deux résultats :

1° *Thermocouple ancien modèle.* — I compris entre 5 milliampères et 65 millliampères. Température : 15°,

$$K = 0{,}06318; \qquad n = 2{,}006,$$

Δ étant exprimé en millimètres, sur uue échelle à 1 mètre du galvanomètre et I en milliampères.

2° *Thermocouple nouveau modèle.* — I compris entre 5 et 60 milliampères. Température : 22°,

$$K = 0{,}07478; \qquad n = 1{,}962.$$

De plus, au cours de mes expériences, j'ai toujours remarqué que n était inférieur à 2 pour les thermocouples nouveau modèle et au contraire supérieur à 2 pour les thermocouples ancien modèle.

OPTIQUE. — *Spectres d'absorption infrarouges des mélanges de liquides organiques; hypothèse d'une dissociation électrolytique pour ces mélanges.* Note (1) de M. R. **Freymann**, présentée par M. A. Cotton.

Il semble qu'aucun travail d'ensemble n'a été publié jusqu'ici sur les spectres d'absorption infrarouges des *mélanges* de liquides organiques; il m'a donc paru intéressant d'entreprendre cette étude à l'aide du dispositif précédemment décrit (2). Les recherches ont porté sur les mélanges en différentes proportions d'un alcool, éthylique ou butylique, et d'un des liquides organiques suivants : bromure de butyle (C^4H^9Br), chloroforme ($CHCl^3$), perchloréthylène ($Cl^2C=CCl^2$), trichloréthylène $\left(\begin{smallmatrix}Cl\\H\end{smallmatrix}\right>C=C\left<\begin{smallmatrix}Cl\\Cl\end{smallmatrix}\right)$, bromure d'allyle ($CH^2=CHCH^2Br$) et tout particulièrement benzène (C^6H^6) et tétrachlorure de carbone (CCl^4), ce dernier liquide ne présentant aucune bande d'absorption dans la région étudiée $0^\mu,85$-$1^\mu,15$, et ne renfermant aucun H dans la molécule.

Ces recherches, entreprises d'abord pour voir si ces bandes pouvaient être utilisées pour la recherche des impuretés, se sont montrées fécondes par les remarques auxquelles a conduit l'étude de *l'intensité* des bandes et celle de leur *position*.

I. *Intensité des bandes infrarouges : hypothèse d'une dissociation électrolytique dans les mélanges de liquides organiques.* — Les spectres d'absorption obtenus pour les mélanges d'un alcool et de CCl^4 montrent que, la concentration en alcool diminuant, l'intensité des bandes dues à l'oscillation C-H diminue également (bandes de $0^\mu,9$ et 1^μ); on peut ainsi *déceler environ* 1 *pour* 100 (*en poids*) *du groupement carboné dans le tétrachlorure de carbone;* cette sensibilité est de l'ordre de grandeur de celle indiquée pour l'effet Raman par Lespieau, Bourguel et Wakeman (3).

Mais, fait paradoxal au premier abord, la bande due à l'oscillation O-H ($0^\mu,9631$) (3) se comporte tout différemment des bandes C-H : comme le montre le tableau I, *quand la concentration en alcool diminue, l'intensité de la bande* O-H *de l'alcool augmente notablement,* passe par un maximum

(1) Séance du 9 novembre 1931.

(2) R. Freymann, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 656.

(3) R. Lespieau, M. Bourguel, R. Wakeman, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 238.

pour une concentration de 10 à 20 pour 100 (en poids) puis décroît, et la bande O-H ne disparaît que lorsque la quantité d'alcool dans CCl^4 (ou dans les autres liquides indiqués au début de cette Note) est *sensiblement inférieure à un millième*.

Tableau I.

c	100.	90.	80.	70.	60.	50.	40.	30.	20.	10.	5.	1.	0,1.
(A)	5,5	6	6	7	8,5	9	11	12,5	15	14,5	–	9	2?
(B)	6	–	8,5	9,5	11	11	15	15,5	15,5	15	14	6,5	2?

c = concentration en alcool butylique pour 100^g du mélange.

A = Mélange avec CCl^4. Intensité relative des bandes.
B = Mélange avec C^6H^6. Intensité relative des bandes.

Ces résultats sont certes intéressants au point de vue pratique puisqu'ils montrent qu'on peut déceler par cette méthode un millième d'alcool dans un liquide; mais c'est surtout leur intérêt théorique que je tiens à bien souligner; on sait en effet que Rao (¹) et divers auteurs ont signalé, pour l'intensité de la raie Raman 1046 cm^{-1} de NO^3H dans l'eau, à diverses concentrations, des faits absolument semblables qu'on interprète aisément par la dissociation de l'acide dans l'eau. Je suis donc amené, sous réserve de confirmations ultérieures par d'autres méthodes physiques, à formuler cette hypothèse : *L'alcool mélangé avec l'un des corps organiques cités plus haut est dissocié en ions comme le sont les acides minéraux dans l'eau.*

II. *Position des bandes infrarouges : Influence des liaisons éthyléniques sur l'oscillation* O-H. — Dans un ordre d'idées différent il est également intéressant d'étudier *la position* des bandes d'absorption. J'ai indiqué dans la Note précitée, que la bande O-H se trouve à $0^{\mu},9631$ dans les spectres d'alcools acycliques, mais que, pour les alcools contenant un noyau benzénique, la bande O-H est déplacée à $0^{\mu},9778$. J'ai observé depuis *qu'en diluant un alcool contenant un noyau benzénique* ($C^6H^5CH^2OH$) *dans le solvant neutre* CCl^4, *la bande revient de* $0^{\mu},9778$ *vers* $0^{\mu},9631$ et l'atteindrait pour une concentration infiniment faible en alcool (tableau II).

(¹) Rao, *Proc. Roy. Soc.*, 127, 1930, p. 279.

TABLEAU II.

c	100.	90.	80.	70.	60.	50.	40.	30.	20.	10.	1.	0,1.
λ (en Å).	9778	9753	9739	9725	9711	9706	9697	9688	9683	9674	9664	9644?

c = concentration en alcool benzylique dans CCl^4, pour 100g du mélange.

TABLEAU III.

c	0,1.	1.	5.	10.	20.	30.	40.	50.	60.	70.	80.	90.	95.	98.	100.
(A).	9772?	9725	9702	9697	9693	9688	9669	9673	9659	9650	9650	–	9635	9631	9631
(B).	9631?	9631	–	9631	9631	9635	9627	9631	9631	9635	9631	9627	–	–	9631

c = concentration en alcool butylique, pour 100g du mélange.

A = Mélange avec C^6H^6 : λ (en Å).

B = Mélange avec CCl^4 : λ (en Å).

J'ai observé des déplacements semblables, mais plus faibles, pour l'alcool allylique ($CH^2 = CHCH^2OH$) (maximum de la bande vers $0^\mu,9683$); par dilution on revient également vers les courtes longueurs d'onde.

Les déplacements observés peuvent s'interpréter comme provenant de *l'action sur l'oscillation* O-H *du champ de forces particulièrement grand dont la double liaison est le symbole.* Pour *voir si ce champ de forces peut agir hors du sein même de la molécule* j'ai été amené à étudier les spectres d'absorption du mélange d'un alcool saturé et d'un liquide contenant des doubles liaisons mais non la fonction alcool; voici le résultat de ces recherches qui confirment les vues qui les avaient fait entreprendre :

Tétrachlorure de carbone (ni H ni double liaison). — Comme le montre le tableau III la bande OH reste à $0^\mu,9631$, quelle que soit la concentration.

Benzène (trois doubles liaisons). — Quand la quantité de benzène dans l'alcool butylique augmente, la bande OH se déplace vers les grandes longueurs d'onde; pour une quantité extrêmement faible d'alcool la bande OH se trouverait à $0^\mu,9778$, comme pour l'alcool benzylique pur; c'est l'effet inverse de l'effet signalé plus haut pour les mélanges d'alcool benzylique et CCl^4 (tableaux II et III).

Trichloréthylène, *bromure d'allyle* (une double liaison). — Les déplacements sont plus faibles que pour C^6H^6; pour une quantité extrêmement faible d'alcool butylique la bande OH se trouverait à $0^\mu,9683$ comme celle de l'alcool allylique pur.

Perchloréthylène (aucun H, une double liaison). — Aucun déplacement de la bande OH, quelle que soit la concentration; ce fait est à rapprocher de l'absence de certaines bandes dans le spectre du perchloréthylène.

Bromure de butyle, *chloroforme* (aucune double liaison). — Ces corps produisent de légers déplacements, de 15 à 20 Å, vers les grandes longueurs d'onde; il semble donc que des champs de forces, sensiblement plus faibles que dans le cas des liaisons éthyléniques, existent également ici.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Biréfringence magnétique de sels paramagnétiques en solutions aqueuses.* Note de M. C. **Haenny**, présentée par M. A. Cotton.

L'effet Cotton-Mouton a surtout été étudié, depuis 1906, sur des composés organiques. C'est parmi ces corps que l'on a rencontré jusqu'à présent les biréfringences les plus fortes, au moins en ce qui concerne les liquides purs. Les recherches sur les liquides de la chimie minérale et, en particulier, sur des solutions de sels paramagnétiques ont généralement conduit à des valeurs trop faibles pour être étudiées. Elias (¹) a cependant indiqué, en 1910, qu'une solution de nitrate d'erbium devenait biréfringente dans le champ magnétique. Mais cette Communication ne paraît pas avoir retenu l'attention qu'elle mérite, bien que plusieurs auteurs (²) aient signalé déjà l'intérêt des recherches sur les corps paramagnétiques.

Dans une lettre publiée tout récemment, Raman et Chinchalkar (³) annoncent qu'ils ont observé dans des solutions de sels de terres rares une biréfringence d'une espèce nouvelle qui serait toujours négative.

Indépendamment de ces derniers auteurs, j'avais poursuivi de mon côté des recherches analogues, depuis plusieurs mois, à Bellevue, dans le champ magnétique du grand électro-aimant de l'Académie des Sciences sur des sels de terres rares. La biréfringence était mesurée avec le dispositif décrit par MM. Cotton et Dupouy (⁴), pour les radiations jaune, verte et indigo de l'arc au mercure. Les solutions étaient dans des tubes polarimétriques en verre, modèle de M. Lainé, placés dans le champ magnétique créé par un courant de 400 ampères, entre les pièces polaires en coin, de 25^{cm} de diamètre, rapprochées à une distance inférieure à 10^{mm}. Les biréfringences b_{546} données dans le tableau ci-après, relatives à la radiation de longueur d'onde $\lambda = 546^{m\mu}$, sont rapportées à celle du nitrobenzène qui a été prise égale à 100 à la température de mesure en faisant usage du coefficient de

---

(¹) Elias, *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft*, 12, 1910, p. 955; *Phys. Zeit.*, 13, 1912, p. 136.

(²) P. Langevin, *La Radium*, 9, 1910, p. 249. — A. Cotton et H. Mouton, voir entre autres dans le volume : *Les progrès de la physique moléculaire* (Gauthier-Villars, 1914), Conférences faites à la Société française de Physique; H. Mouton, *Biréfringence magnétique des liquides purs*, p. 153.

(³) C. V. Raman et S. W. Chinchalkar, *Nature*, 128, 31 octobre 1931, p. 758.

(⁴) A. Cotton et G. Dupouy, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 544 et 602.

variation thermique $\frac{1}{144}$ par degré C. La biréfringence du nitrobenzène se mesurait par un angle de 22° environ pour des températures voisines de 24° C.

J'avais d'abord repris les mesures de Elias sur le nitrate d'erbium. La première solution étudiée m'avait donné nettement une biréfringence magnétique *positive*, donc s'accordant, au moins pour le signe, avec celle indiquée par Elias. Toutefois une autre solution m'ayant donné une biréfringence plus faible, je m'occupe actuellement de tirer la chose au clair.

Les solutions de nitrate céreux ont montré, par contre, des biréfringences magnétiques de signe négatif particulièrement élevées, beaucoup plus fortes que celle observée pour le sulfure de carbone comparable, en valeur absolue, à celles que l'on peut observer dans le cas des liquides aromatiques.

La biréfringence magnétique, mesurée pour des solutions aqueuses de concentrations très différentes en nitrate céreux, n'est pas proportionnelle à la teneur en cérium comme on peut le constater d'après les nombres suivants :

Biréfringences magnétiques de solutions aqueuses de nitrate céreux.

Nitrate céreux par cm³ de solution.	t° C.	b_{546}.	$\frac{b_{546}}{b_{575}}$.	$\frac{b_{426}}{b_{578}}$.
1ᵍ,314	21°,0	−59,52	1,080	1,57
0,690	22,6	−33,77	1,088	–
0,348	22,2	−14,51	1,088	–

Rappelons que des écarts à la proportionnalité du même ordre de grandeur avaient été constatés sur certains mélanges organiques.

Les rapports $\frac{b_{546}}{b_{578}}$ et $\frac{b_{436}}{b_{578}}$ des biréfringences magnétiques relatives aux radiations de longueurs d'ondes $\lambda = 578^{m\mu}$, $\lambda = 546^{m\mu}$ et $\lambda = 436^{m\mu}$, donnés ici, montrent que la dispersion de cette biréfringence est du même ordre de grandeur que celle constatée par MM. Cotton et Mouton pour le nitrobenzène et que celles que j'ai obtenues récemment pour plusieurs composés organiques.

Le nitrate double de néodyme et de magnésium donne dans les mêmes conditions un effet si faible qu'il est difficile de le séparer de celui de l'eau. Une solution concentrée de nitrate de gadolinium, pourtant fortement paramagnétique, présente une biréfringence assez faible pour qu'il y ait lieu d'examiner la part que pourraient prendre les ions nitriques.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *La mesure de la fluorescence avec la cellule photo-électrique*. Note de M. **R. Toussaint**, présentée par M. G. Ferrié.

Étant donnés un échantillon fluorescent et une source de lumière :

Soient λ la longueur d'onde moyenne du rayonnement d'excitation, λ' celle du rayonnement fluorescé transmis.

Soient, d'autre part, dans le rayonnement λ, I_λ l'intensité ou énergie lumineuse transmise sans altération et, dans le rayonnement λ', où deux transmissions se superposent : $i_{\lambda'}$ l'intensité du rayonnement fluorescé, $I_{\lambda'}$ celle, indépendante de la fluorescence, appartenant à la couleur propre.

Pour mesurer ces intensités, la cellule photo-électrique est d'autant plus indiquée que λ' et surtout λ peuvent se trouver dans le spectre invisible. Toutes sont ainsi faciles à calculer, indépendamment de l'œil, mais la mesure la plus intéressante en pratique est celle du rapport $\frac{i_{\lambda'}}{I_{\lambda'}}$. C'est de ce rapport en effet que dépend l'influence des colorants ou produits fluorescents en impression et teinture.

Le photocolorimètre, que nous avons construit (voir *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, juin 1927, p. 421; *Bulletin du Comité national de l'Organisation française*, juillet 1930, p. 203), peut servir à ces mesures. Il suffit d'y adapter deux réglettes à filtres, identiques, coulissant : l'un contre la source, l'autre contre la cellule. Chaque réglette peut porter autant de filtres qu'on le désire. Nous nous sommes limités à treize, possédant chacun une bande de transmission de $30^{m\mu}$ environ et reproduisant par juxtaposition le spectre solaire, de l'ultraviolet inclus à l'infrarouge, sans superposition ni trou.

A l'aide de ces réglettes et de la cellule on peut facilement et très rapidement déceler sur un échantillon l'effet de fluorescence. Celui-ci existe chaque fois que, derrière un filtre λ' de cellule différent du filtre λ de source, un courant apparait.

Avec les filtres λ source et λ' cellule, on mesure $i_{\lambda'}$;

Avec les filtres λ' source et λ' cellule, on mesure $I_{\lambda'}$;

Avec les filtres λ source et λ cellule, on mesure I_λ.

La précision des mesures, indépendante de l'œil de l'observateur, est supérieure à celle que l'on pourrait obtenir avec les spectrophotomètres à plages lumineuses; grâce aux cellules R. P. étudiées spécialement pour

notre photocolorimètre, elle reste la même, quelle que soit la longueur d'onde, aussi bien dans l'infrarouge que dans l'ultraviolet.

Résultats d'expérience. — Pour toutes les matières colorantes examinées jusqu'ici, le rapport $\frac{i_{\lambda'}}{I_{\lambda'}}$ a été trouvé inférieur à 1 pour 100.

Conclusions. — Le rayonnement fluorescé est toujours transmis avec une intensité très faible par rapport à celui, de même longueur d'onde, de la couleur normale sur laquelle il se superpose. En lumière blanche, et sauf le cas de déséquilibre brutal ou de variation d'intensité de la source éclairante, la fluorescence a donc sur les échantillonnages à l'œil une influence pratiquement négligeable.

La faible valeur du rapport $\frac{i_{\lambda'}}{I_{\lambda'}}$ montre, d'autre part, que les corrections à apporter aux courbes de couleur des matières fluorescentes, établies au photocolorimètre à cellule, sont insignifiantes. Les ordonnées sont inexactes à 1 pour 100 près maximum, par excès dans le rayonnement λ, par défaut dans λ'.

La mesure de $i_{\lambda'}$ permet de suivre les variations de ce facteur avec le degré de clair-foncé ou ton moyen de l'échantillon et de vérifier qu'il passe par un maximum pour un ton moyen « critique » correspondant à la pureté maxima de la couleur, c'est-à-dire au maximum d'écart sur sa courbe entre dominante et complémentaire.

Elle permet aussi de montrer comment, en impression, teinture, etc., on emploie parfois inconsidérément, aux dépens de la luminosité, des produits dont on ne soupçonne pas la fluorescence et encore moins le λ nécessaire à l'excitation, ou ce qui est plus grave, d'autres qui la détruisent.

Il est toujours bon, même si l'on doit ne pas en tenir compte, de connaître et de pouvoir mesurer ces effets.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence des substitutions sur la fréquence de la raie éthylénique.* Note [1] de M. **M. Bourguel**, présentée par M. G. Urbain.

Dans le but de déterminer la structure des composés éthyléniques et, plus particulièrement la place de la double liaison dans une molécule, nous avons entrepris de rechercher comment varie la fréquence de la raie caractéristique de la région 1600 quand la liaison non saturée se déplace.

[1] Séance du 9 novembre 1931.

Nous avions, avec M. Daure [1], étudié des composés acétyléniques et montré que la raie acétylénique obéit aux deux lois suivantes : 1° elle est fixe quel que soit le composé quand la liaison est en bout de chaîne; 2° sa fréquence augmente quand on substitue un groupement tel que CH^3, Cl, CO^2CH^3 à l'hydrogène terminal.

Mais, alors que les déplacements de la raie acétylénique sont forts, ceux de la raie éthylénique sont faibles; aussi avons-nous dû, pour commencer notre étude, attendre d'avoir un spectrographe assez dispersif. L'appareil utilisé actuellement, ouvert à $\frac{f}{4,7}$, nous donne de 15 à 25 unités Å par millimètre et l'on peut normalement déterminer les fréquences à ± 1 unité Raman (bandes et raies faibles exceptées).

Nous avons retrouvé sur les éthyléniques les lois des acétyléniques, mais avec une complication. Il faut faire une distinction entre les substituants; *le sens du déplacement dépend en effet de leur nature : les radicaux alcooliques et les halogènes ont des effets de sens contraire.*

Dans la région des fréquences correspondant aux liaisons carbone-carbone, l'éthylène possède deux raies fortes 1342 et 1623. S'il est possible de suivre dans ses déplacements la raie 1623, qui est isolée, il est beaucoup moins simple de savoir si une raie analogue à 1342 existe pour d'autres éthyléniques, car elle se trouve dans une région encombrée et est par conséquent difficile à identifier. Pourtant nous pouvons affirmer que la présence d'une liaison éthylénique entraîne l'apparition de deux raies fortes dans tous les carbures aliphatiques normaux, du 1-pentène au 1-nonène inclus, soit 1416 et 1642. S'il est hors de doute que la raie 1642 provient du déplacement de 1623 par l'effet des substitutions, on peut penser que 1416 provient de 1342, d'autant plus que d'autres carbures éthyléniques nous donnent des raies fortes à 1375, 1380, 1390, 1400. Toutefois dans cette Note nous ne pouvons étudier que la raie de la région 1600.

La fréquence de cette raie augmente quand on remplace un ou plusieurs H *de l'éthylène par un radical alcoolique; elle augmente d'autant plus que le nombre des substitutions est plus grand.*

Elle passe de 1623 à 1642 dans tous les éthyléniques monosubstitués (possédant le groupement $-CH=CH^2$). Nous avons étudié le 1-pentène, le 1-hexène, le 1-heptène, le 1-octène, le 1-nonène, l'allybenzène (benzyl-

[1] BOURGUEL et DAURE, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1298, et *Bull. Soc. Chim.*, 47, 1930, p. 1349. Un nouveau spectrographe nous a permis de vérifier avec plus de précision la première loi : la fréquence est toujours 2119-2120.

éthylène $C^6H^5 - CH^2 - CH = CH^2$), l'allylphénylacétylène

$$(C^6H^5 - C \equiv C - CH^2 - CH = CH^2).$$

Il est remarquable que la position de la raie est, avec précision, absolument indépendante du poids moléculaire de la substitution dans des corps si variés.

La fréquence croît encore quand on passe aux bisubstitués. Elle croît moins si les deux substitutions sont sur le même atome de carbone que si elles sont sur deux atomes différents. C'est ainsi qu'elle devient 1647 dans la liaison extérieure du limonène ([1]) :

$$(>CH - \underset{\substack{|\\ CH^3}}{C} = CH^2)$$

et 1652 dans le méthyl-2-butène

$$(C^2H^5 - \underset{\substack{|\\ CH^3}}{C} = CH^2);$$

elle est 1657 dans le 2-pentène ($C^2H^5 - CH = CH - CH^3$) et 1654 dans le cyclohexène

$$(-CH^2 - CH = CH - CH^2 -).$$

Elle croît encore dans les éthyléniques trisubstitués tels que le triméthyléthylène

$$(CH^3 - \underset{\substack{|\\ CH^3}}{C} = \underset{\substack{|\\ CH^3}}{C} - H)$$

où elle devient 1679, ainsi que dans le limonène où la liaison intranucléaire

$$(-CH^2 - \underset{\substack{|\\ CH^3}}{C} = CH - CH^2 -)$$

donne aussi 1679.

Par contre la fréquence diminue quand on substitue un halogène. En com-

---

([1]) Nous avons montré, M. Lespieau et moi, que l'on pouvait distinguer entre les deux liaisons du limonène par la comparaison de son spectre avec celui du carvomenthène (*Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1504). Les nombres donnés ici sont de nouvelles déterminations plus précises.

parant le 2-bromohexène [$CH^3 - (CH^2)^2 - CBr = CH^2$] au 1-hexène

$$[CH^3 - (CH^2)^2 - CH = CH^2],$$

nous avons vu la fréquence rétrograder de 1642 à 1631. Nous retrouvons la même fréquence 1631 dans le 2-bromo-2-benzyléthylène

$$(C^6H^5 - CH^2 - CBr = CH^2),$$

alors que nous avions aussi 1642 pour le benzyléthylène.

Les nombres donnés par différents auteurs ([1]) pour les dérivés chlorés de l'éthylène confirment cette règle : de 1623 la fréquence tombe à 1608 pour l'éthylène monochlorée, à 1582 pour l'éthylène dichlorée (moyenne entre le *cis* et le *trans*), à 1586 pour l'éthylène trichlorée, et à 1570 pour l'éthylène tétrachlorée.

Le sens du déplacement dépend-il du signe de la substitution ? Nous n'avons pas encore assez d'exemples pour en décider et des expériences sont poursuivies dans ce sens; mais nous remarquerons que la fréquence de la liaison latérale du styrolène est seulement 1631 alors que dans tous les autres 1-éthyléniques, elle est 1642. On pourrait voir là l'influence de l'effet négatif du noyau benzénique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'hydrolyse du chlorure de nitrosyle et du peroxyde d'azote par la potasse caustique.* Note de MM. **A. Perret** et **R. Perrot**, présentée par M. G. Urbain.

Nous nous sommes proposé d'étudier quantitativement l'absorption du chlorure de nitrosyle par la potasse caustique de différentes concentrations. Cette question ne semble pas avoir fait l'objet d'études détaillées. La transformation exclusive en nitrite et chlorure n'est citée que dans les traités de chimie minérale. Or certaines particularités, mises en évidence par des recherches récentes sur la cinétique de la transformation spontanée de l'acide nitreux, laissent prévoir une divergence notable entre la réalité et cette opinion générale.

Nous avons adopté le mode opératoire suivant :

([1]) K. W. F. Kohlrausch, *Der Smekal Raman Effekt* (J. Springer, à Berlin).

L'hydrolyse est effectuée dans un tube de verre jaugé et scellé à l'une de ses extrémités après remplissage par les réactifs et élimination de l'air par la trompe à eau; l'autre extrémité est munie d'un robinet permettant le soutirage du gaz de réaction et la mesure de sa pression; le chlorure de nitrosyle, purifié par cristallisation sous vide, est contenu dans une ampoule de verre dont la percussion déclenche la réaction à la température ordinaire. La mesure de la pression se fait en réunissant le tube laboratoire à une burette à mercure, la lecture du volume, prélevé pour égaliser la pression avec l'atmosphère, permet d'en faire le calcul. Le gaz incolore recueilli dans ces conditions est de l'oxyde azotique pur. Le bilan de la réaction est complété par les dosages des chlorures et nitrites.

Le tableau des valeurs obtenues montre qu'il ne s'agit pas d'un effet de deuxième ordre et négligeable, mais bien d'une transformation dont l'importance est très grande en solution diluée, tandis qu'elle diminue avec l'accroissement de la concentration en alcali.

Numéros d'ordre.	Excès de potasse.	Normalité de la solution.	Poids de NO Cl.	(I). Poids d'azote corresp.	Azote corresp. au nitrite dosé.	Volume gazeux à 20°.	Pression du gaz.	(II). Azote corresp. au NO dosé.	(III). Azote sous forme de NO.	(IV). Azote corresp. au nitrite et au NO dosés.	(V). Azote nitrique (I)−(IV).	(VI). Rapport des poids d'azote (NO) et d'azote nitrique.
	%		g	g	g	cm³	mm	g	%	g	g	
1......	5	1,5	0,7295	0,1560	0,0722	88,5	828	0,0560	36	0,1882	0,0278	2,03
2......	10	3	1,2809	0,2740	0,1424	88	1275	0,0860	31,3	0,2284	0,0456	1,89
3......	10	3,8	1,7337	0,3708	0,1620	112,5	1647	0,1420	38,4	0,3040	0,0668	2,12
4......	100	4	0,9297	0,1988	0,0990	77,5	1120	0,0664	35,2	0,1654	0,0334	1,99
5......	100	4,7	1,1108	0,2376	0,0935	108	1221	0,1010	42,3	0,1945	0,0431	2,34
6......	200	8	1,2160	0,2601	0,1173	81	1571	0,0975	37,4	0,2148	0,0453	2,15
7......	150	17	1,3482	0,2883	0,2479	85	414	0,0269	9,4	0,2748	0,0135	1,99

L'excès de potasse exprimé en pour cent est fixé par l'équation

$$NOCl + 2\,KOH = KNO_2 + KCl + H_2O.$$

La colonne (V) indique les poids de l'azote figurant en fin de réaction sous forme de nitrate, qui sont calculés par différence. Dans la colonne (VI) on a exprimé la valeur du quotient du poids de l'azote de l'oxyde azotique formé par le poids de cet azote nitrique.

Les valeurs numériques de la colonne (III) montrent l'importance de la réaction perturbatrice dans l'absorption du chlorure de nitrosyle par la potasse caustique, en particulier l'essai n° 7 montre l'effet limitateur des grandes concentrations en alcali. Les valeurs de la colonne (VI) ne laissent aucun doute sur l'origine de cet effet qui ne peut correspondre à la décomposition spontanée de l'acide nitreux engendré par la réaction : $NOCl + KOH \rightarrow KCl + HONO$ et dont la transformation s'accomplit conformément au schéma : $3\,HNO_2 \rightarrow HNO_3 + 2\,NO + H_2O$. En effet, le poids de l'azote nitrique calculé comme différence, entre le poids de l'azote du chlorure de nitrosyle et l'azote des nitrite et oxyde azotique dosés est bien égal à la moitié du poids de l'azote de l'oxyde.

D'autre part, les dosages de chlorures présentent des différences lors du titrage pré-

cédé d'une réduction par l'anhydride sulfureux, dans un sens tel qu'on doit admettre que la neutralisation du chlorure de nitrosyle s'accompagne d'une formation de chlorate ou d'un autre composé oxygéné du chlore atteignant de 2 à 3 pour 100 du chlorure total.

Ces résultats permettent de conclure que la valeur de la chaleur de formation du chlorure de nitrosyle ([1]) actuellement admise ne peut pas être exacte, puisqu'elle a été calculée à partir de la mesure de l'effet thermique accompagnant son absorption dans la potasse en admettant la réaction

$$NOCl + 2KOH \rightarrow KNO^2 + KCl + H^2O.$$

Peroxyde d'azote. — Son absorption dans la potasse dans les conditions précédentes s'accompagne également d'un dégagement d'oxyde azotique. Mais l'azote correspondant n'excède pas 10 pour 100 de l'azote total pour prendre une valeur de l'ordre de 3 pour 100 quand la concentration de l'alcali dépasse 8 *n*. La formation d'oxyde azotique a la même origine que dans l'absorption du chlorure de nitrosyle, et provient de la décomposition de l'acide nitreux, formé par la réaction

$$NO^3.NO + KOH \rightarrow KNO^3 + HONO.$$

Cette hypothèse se vérifie également dans ce cas par le fait que le poids de l'azote de l'oxyde azotique est le double de celui de l'azote du défaut en nitrite qui ne saurait être que du nitrate.

Ces résultats sont susceptibles de s'interpréter comme conséquence de l'apparition de deux formes isomères de l'acide nitreux se distinguant l'une de l'autre, lors de la neutralisation, par une vitesse de réaction différente.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'aldéhyde [para-méthoxyméthyl] benzoïque.* Note ([2]) de M. **Raymond Quelet**, présentée par M. Delépine.

J'ai montré ([3]) que l'éther diméthylique du paraxylylène-glycol traité par du chlorure d'acétyle, dans des conditions convenables, fournissait le dérivé chloré

$$C^6H^4\begin{cases} CH^2Cl \ (1) \\ CH^2 - O - CH^3 \ (4). \end{cases}$$

([1]) Briner et Deylkov, *Journ. Ch. phys.*, 10, 1912, p. 640.

([2]) Séance du 3 novembre 1931.

([3]) R. Quelet, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1391.

En réalité on n'arrive pas à isoler directement ce produit à l'état pur; il reste mélangé avec l'excès d'éther diméthylique que l'on est obligé d'introduire pour assurer la bonne marche de la réaction. Mais, tel qu'il se présente, le mélange obtenu est utilisable pour la réalisation d'un certain nombre de synthèses intéressantes.

En particulier, en le traitant par de l'hexaméthylène-tétramine, en solution hydroalcoolique, on obtient aisément l'aldéhyde [para-méthoxyméthyl] benzoïque

$$C^6H^4\begin{cases} CHO & (1) \\ CH^2-O-CH^3 & (4) \end{cases}$$

La préparation comporte les opérations suivantes :

L'ω-ω'-dichloroparaxylène, préparé à partir du chlorure de benzyle [1], est traité par du méthylate de sodium; on obtient l'éther diméthylique du paraxylylène-glycol avec un rendement de 95 pour 100.

Dissous dans du tétrachlorure de carbone, cet éther ($1^{mol},25$) est mis à réagir avec du chlorure d'acétyle (1^{mol}) en présence d'une trace de chlorure de zinc. Le produit, lavé et séché, est distillé d'abord à la pression ordinaire pour éliminer le tétrachlorure de carbone, puis sous pression réduite. Le mélange des éthers diméthylique et chlorométhylique du paraxylylène-glycol passe de 120 à 132° sous 15^{mm} (rendement quantitatif).

Le liquide ainsi obtenu est ensuite traité par l'hexaméthylène-tétramine suivant le mode opératoire de Sommelet.

Isolé par l'intermédiaire de sa combinaison bisulfitique, l'aldéhyde formé bout à 125° sous 16^{mm}. Le rendement, susceptible d'améliorations, est de 40 pour 100 par rapport au chlorure d'acétyle mis en œuvre. D'autre part, à partir des liquides de lavage de la combinaison bisulfitique, on récupère la majeure partie de l'éther diméthylique non transformé.

Liquide incolore, très mobile, l'aldéhyde [para-méthoxyméthyl] benzoïque possède une odeur forte assez agréable.

$d_4^{25} = 1,071$; $n_D^{25} = 1,535$; R.M. : trouvée, 43,58; calculée, 41,82.

Ce produit donne une semicarbazone fondant à 182°; traité par la potasse en solution concentrée, il donne naissance à l'éther monométhylique

---

[1] Sabetay et Bléger, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 47, 1930, p. 670; R. Quelet, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 47, 1930, p. 511.

du paraxylylène-glycol et à l'acide [para-méthoxyméthyl] benzoïque

$$C^6H^4 \begin{cases} COOH & (1) \\ CH^2 - O - CH^3 & (4) \end{cases}.$$

Ce dernier, un peu soluble dans l'eau bouillante, cristallise en fines lamelles fusibles à 123°.

L'aldéhyde [para-méthoxyméthyl] benzoïque étant facile à obtenir, constitue une matière première susceptible d'être utilisée pour un grand nombre de synthèses.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la déshydratation potassique du phényléthanediol* (phénylglycol). Note de MM. **L. Palfray**, **S. Sabetay** et M[lle] **Denise Sontag**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le groupement éthylolique primaire $-CH^2-CH^2OH$, soudé à un noyau benzénique, se déshydrate presque quantitativement par simple distillation sur la potasse [1]. Cette facilité de déshydratation, si remarquable pour un alcool primaire, a été expliquée par la mobilité des atomes d'hydrogène fixés sur le carbone contigu au noyau benzénique, ce qui revient à dire qu'un groupement méthylénique compris entre un reste phényle et un reste $-CH^2OH$ serait rendu plus mobile, plus *acide*, dans le genre d'un $-CH^2-$ compris entre deux radicaux électronégatifs. Pour le styrolène et ses dérivés : aminostyrolènes, divinylbenzènes, etc., la déshydratation potassique des alcools correspondants constitue le meilleur mode de préparation, les milieux alcalins ne provoquant aucune polymérisation de ces substances. Pour le styrolène, ce fait est d'autant plus intéressant que la réduction catalytique directe du groupe carboxyle en groupe alcool, récemment réalisée, doit permettre l'obtention du phényl-2-éthanol à très bon compte. La potasse utilisée pour la déshydratation n'a pas besoin d'être anhydre. Celle du commerce, à 85-90 pour 100, rend exactement les mêmes services. D'autre part, il n'est pas nécessaire d'employer 1^{mol} de potasse pour 1^{mol} d'alcool — avec une vingtaine de grammes on peut déshydrater des quantités quelconques d'alcool phényléthylique primaire, comme nous

[1] S. Sabetay, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 45, 1929, p. 69. — S. Sabetay et Tchang Mintsou, *Ibid.*, 45, 1929, p. 842. — S. Sabetay, *Ibid.*, 47, 1930, p. 614. — S. Sabetay, J. Bléger et Mme Y. de Lestrange, *Ibid.*, 49, 1931, p. 3. — S. Sabetay, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1109.

allons l'exposer; ce qui met bien en relief le rôle proprement catalytique de la potasse dans cette déshydratation.

Dans un ballon à parois épaisses et muni d'une colonne Vigreux, on a mis une vingtaine de grammes de potasse en plaque. On chauffe et introduit alors en mince filet, au moyen d'une ampoule à brome, l'alcool β-phényléthylique. En réglant convenablement le chauffage, on recueille une émulsion formée par le styrolène et l'eau de déshydratation. Dans une opération, on a ainsi traité 892^g d'alcool. Le styrolène, séparé par décantation, est séché sur CO^3Na^2, additionné d'un peu d'hydroquinone et redistillé sous pression réduite ($E_{53} = 63°,5$) (avoir soin de refroidir soigneusement). On en recueille 752^g si l'on tient compte de l'alcool récupéré (140^g), le rendement s'élève à 90 pour 100. Il est même un peu plus élevé, si l'on tient compte d'un peu de styrolène non condensé.

Le passage du styrolène au phénylglycol [1] s'effectue par l'intermédiaire du dérivé *dibromé* ($E_{17} = 137°\text{-}141°$), $\xrightarrow{\text{Acétate de Pb}}$ *diacétate du phénylglycol* ($E_{27} = 173°\text{-}175°$) $\xrightarrow{CO^3K^2}$ *phénylglycol* ($F = 63°$).

La *déshydratation* de ce phénylglycol peut s'effectuer aux dépens soit de l'oxhydryle primaire, soit de l'oxhydryle secondaire. D'une part, par chauffage avec SO^4H^2, Th. Zincke [2] a obtenu l'aldéhyde phénylacétique, ce qui suppose

$$C^6H^5 - CHOH - CH^2OH - H^2O \rightarrow C^6H^5 - CH = CHOH \rightarrow C^6H^5 - CH^2 - CHO.$$

D'autre part l'analogie entre l'alcool β-phényléthylique

$$C^6H^5 - CH(H) - CH^2OH$$

et l'alcool hydratropique

$$C^6H^5 - CH(CH^3) - CH^2OH$$

déshydratés par KOH en styrolène et méthylstyrolène, et le phénylglycol

$$C^6H^5 - CH(OH) - CH^2OH$$

laissait prévoir que celui-ci se déshydraterait aussi aux dépens de son oxhydryle primaire et conduirait à la forme énolique de l'acétophénone

$$C^6H^5 - CHOH - CH^2OH - H^2O \rightarrow C^6H^5 - C(OH) = CH^2.$$

---

(1) EVANS et MORGAN, *J. Am. Chem. Soc.*, 35, 1913, p. 58.
(2) TH. ZINCKE, *Liebigs Ann.*, 216, 1882, p. 301.

Or la distillation sur KOH nous a donné non pas l'acétophénone, mais bien son produit de réduction : le phénylméthylcarbinol. *Ainsi, par un cycle de réactions, on a transformé l'alcool phényléthylique primaire en alcool phényléthylique secondaire.*

On mélange 15^{g} de phénylglycol avec 7^{g} de KOH pulvérisé et chauffe au bain d'huile tout en faisant un vide partiel. Vers 250°, la masse se colore en rouge et la réaction se déclenche. Il distille une masse liquide émulsionnée qu'on extrait à l'éther. Après deux distillations, on isole 5^{g} d'un liquide passant à 99°-100° sous 20^{mm}. C'est le *phénylméthylcarbinol* : $d_4^{15} = 1,025$, $n_D^{15} = 1,5271$, d'où $R_D = 36,60$ (calculé, 37,60). *Phényluréthane* : F = 88.5-89° (¹). *Allophanate*, F = 181°-182°. *Acétate* : odeur de gardénia bien connue. Ajoutons qu'en déshydratant notre carbinol par l'acide phosphorique, on obtient immédiatement le styrolène.

La masse solide restée dans le ballon est reprise par l'eau, puis acidulée par ClH à 10 pour 100. Le précipité, purifié par sublimation, est de l'*acide benzoïque* : F = 120°.

De ces faits on peut, semble-t-il, tirer l'explication du mécanisme qui aboutit à la formation du phényléthanol secondaire. On doit rejeter l'hypothèse d'une réduction de l'acétophénone sous sa forme cétonique. La distillant sur KOH dans les conditions ci-dessus, nous l'avons récupérée inaltérée. En revanche l'hydrogénation de la forme énolique

$$C^6H^5 - C(OH) = CH^2$$

nous paraît devoir être attribuée à une réaction d'oxydo-réduction en présence de KOH fondue, telle que G. Lock (²) l'a formulée pour l'alcool benzylique

$$C^6H^5 - CH^2OH + KOH \rightarrow C^6H^5 - COOK + 4H,$$
$$C^6H^5 - CH^2OH + 2H \rightarrow C^6H^5 - CH^3 + H^2O.$$

Dans le cas du phénylglycol, nous aurions une réaction d'oxydo-réduction analogue, conduisant d'une part au phényélthanoloate (mandélate) de K, avec dégagement d'hydrogène, puis au phénylméthylcarbinol à la fois par action de cet hydrogène sur la fonction alcool primaire du phénylglycol et sur la double liaison de la forme énolique de l'acétophénone,

D'autre part le mandélate, par décomposition thermique (dégradation

(¹) On connaissait jusqu'à présent une phényluréthane de point de fusion 99°, mais c'est celle de l'isomère gauche.

(²) G. Lock, *Ber. deutsch. Chem. Ges.*, 63, 1930, p. 85.

des acides-alcools α) conduirait à l'aldéhyde benzoïque et par là, soit par oxydation directe, soit par une réaction du type Canizzaro, à un mélange d'acide benzoïque et d'alcool benzylique; ce dernier enfin se résolvant, suivant la réaction de Lock, en acide benzoïque et toluène. En fait, les produits de tête avaient une odeur nette de carbure aromatique.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique hercynienne des Cévennes méridionales et du Rouergue.* Note de M. **A. Demay**, présentée par M. de Launay.

I. Un premier fait fondamental consiste dans l'existence d'un ensemble puissant de schistes sériciteux qui ont été notés de manières diverses sur les cartes géologiques au $\frac{1}{80000}$ et même sur la carte au $\frac{1}{1000000}$ et qui, sans être tout à fait uniformes, sont liés par passages insensibles ou, lorsque la jonction est masquée par des terrains plus récents, se prolongent axialement avec des facies assez voisins pour qu'on ne puisse douter de leur liaison effective. Cet ensemble, qui affleure jusque près de Valence, constitue, avec les granites qui le traversent, toutes les Cévennes méridionales (Cévennes au sens strict) et, au delà du Jurassique du Larzac et du Permien de Saint-Affrique, toute la région comprise entre le massif gneissique de Rodez et celui de la Montagne Noire. Les schistes sériciteux qui au sud du massif de l'Aubrac prolongent axialement ceux de Florac de la feuille d'Alès (direction Ouest-Est des deux côtés du Causse de Sauveterre) appartiennent sans doute au même ensemble. Eux-mêmes se prolongent au nord du Lot sur la feuille d'Aurillac avec un facies de plus en plus micaschisteux vers le Nord.

II. J. Bergeron a attribué par continuité un âge cambrien aux schistes sériciteux du Vigan et à ceux de la feuille d'Albi et avec doute à ceux du Rouergue. J'ai observé personnellement le passage des schistes non métamorphiques aux schistes sériciteux près du Vigan et le long de la vallée du Tarn au nord de Broquies. Près du Vigan l'association de calcaires et de calcschistes identiques à ceux de la Montagne Noire et la liaison axiale avec le paléozoïque des monts de Lacaune, arguments indiqués par Bergeron, ont gardé toute leur valeur. Si l'âge purement cambrien est discutable, on peut affirmer du moins que l'ensemble des schistes sériciteux défini au paragraphe I est paléozoïque et a subi seulement un métamorphisme hercynien. J'ai observé d'autre part le passage continu indiscutable des schistes sériciteux à des micaschistes, à des gneiss feuilletés, à des gneiss œillés et même à des gneiss presque granitoïdes, dans la partie Est de

la feuille d'Alès à l'ouest de Bessèges et sur le bord Sud du massif gneissique de Rodez (feuilles d'Albi et de Saint-Affrique).

III. Dans l'ensemble des schistes de la feuille d'Alès, j'ai reconnu au Nord une zone ondulée ou agitée par des replis accessoires, le plus souvent d'allure presque horizontale, au Sud une zone large de 25 à 30^{km} où les schistes, avec un pendage moyen de 25 à 30°, plongent toujours vers le Nord. La plongée uniforme de cette série monotone, dont la puissance apparente est de 12000^{m} environ, correspond sans aucun doute à une structure isoclinale et à une poussée vers le Sud. J'ai observé d'ailleurs en divers points la trace de poussées intenses, par exemple dans l'Aigoual au nord de la Serreyrède, des lits quartzeux repliés dont les crochons sont déversés vers le Sud et sur d'autres points une microtectonique complexe dans des couches peu inclinées.

IV. A la faveur d'un mouvement hercynien secondaire en partie antéhouiller, les schistes de la feuille d'Alès, aussi bien ceux de la zone isoclinale que ceux de la zone ondulée, s'enfoncent à l'Est sous des gneiss œillés et des gneiss à mica noir presque granitoïdes, et ceux-ci à leur tour sous une série schisteuse supérieure. La superposition anormale de gneiss méso ou catamétamorphiques sur des schistes à peine métamorphiques implique ici de manière à peu près certaine l'existence d'un grand pli couché antérieur au repli synclinal.

V. Le complexe isoclinal repose au nord du Vigan sur des calcschistes et des calcaires qui, d'après J. Bergeron, sont du Cambrien renversé (nappe du Vigan) et qui, de toute façon, passant sous le complexe d'une part, poussés d'autre part sur des schistes ardoisiers et séricíteux identiques à ceux de ce complexe, appartiennent sans doute à un pli isoclinal du même ensemble, couché vers le Sud.

Sur le versant Nord de la Montagne Noire et dans la partie Sud de la feuille d'Albi, J. Bergeron a signalé la structure isoclinale avec déversement vers le Sud (1). Dans la partie Nord de la feuille d'Albi, près du

(1) Sur le versant sud de la Montagne Noire, J. Bergeron a signalé des poussées vers le Sud et vers le Nord, celles-ci selon lui essentielles. Pourtant, d'après ses propres tracés, toute la partie Ouest entre Caunes, Vieussan, Roquebrun semble bien être une série renversée charriée vers le Sud sur le Dinantien et la nappe de Laurens une série normale charriée dans le même sens. De toute façon les déversements vers le Sud tiennent une place importante et ne résultent certainement pas d'une réaction du massif lors des charriages éocènes.

massif gneissique de Rodez, j'ai observé aussi, contrairement aux indications de J. Bergeron, une puissante série isoclinale déversée vers le Sud. C'est seulement un peu plus au Nord, dans une zone très redressée, qu'apparaissent des pendages sud. Ils correspondent, non pas à une poussée vers le Nord mais à la montée du dôme gneissique de Rodez.

VI. En accord avec les conclusions formulées par Bergeron pour les massifs du Sidobre et du Saint-Guiral, mes observations permettent d'affirmer que les granites des Cévennes méridionales, granites du Saint-Guiral, de l'Aigoual, de la Lozère sont des granites post-tectoniques intrusifs dans le complexe isoclinal paléozoïque.

Conclusions. — L'ensemble des schistes paléozoïques défini au paragraphe I est un ensemble tectonique complexe construit après le Viséen et avant le Westphalien supérieur de Bességes et comprenant au moins une nappe en forme de pli couché à noyau de gneiss méso et catamétamorphique et, sous cette nappe, une série de plis isoclinaux déversés vers le Sud et même couchés près du Vigan, qui chevauchent les plis paléozoïques isoclinaux d'allure identique du versant nord de la Montagne Noire. La poussée apparente vers le Sud que j'ai mise en évidence dans les plis isoclinaux du Lyonnais et dans le complexe des Cévennes septentrionales se poursuit donc jusqu'à la Montagne Noire. De plus, il apparaît maintenant que la zone hercynienne cévenole se prolonge par une zone de facies et d'allure identique au Sud et au Sud-Ouest du Massif Central en dessinant un arc largement ouvert, dont la convexité est vers le Sud comme le sens de poussée. Cette conclusion s'oppose à l'interprétation de M. E. Raguin, qui a distingué de l'Ouest à l'Est dans le Massif Central trois grandes zones. En réalité, la zone hercynienne cévenole (zone orogénique orientale de E. R.) s'incurve et pénètre dans la région médiane que M. E. Raguin étend, à la latitude de Mende, depuis Asprières à l'ouest de Decazeville jusqu'à l'Est de la Margeride et considère comme un bloc rigide, produit d'une orogenèse antérieure.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Synthèse de l'aurore polaire.* Note [1] de M. **A. Dauvillier**, présentée par M. M. de Broglie.

Nous avons indiqué (séance du 10 août 1931) un mécanisme, basé sur l'existence d'un champ électrique solaire, tendant à l'explication simultanée

[1] Séance du 9 novembre 1931.

de divers phénomènes géophysiques. Afin de préciser ce schéma nous avons, depuis, tenté la synthèse de l'aurore polaire de Nordenskjöld et de la couronne solaire.

L'appareil auroral comporte une sphère aimantée pouvant tourner (variation diurne) autour d'un axe faisant un angle de 23° avec la normale à la direction des électrons incidents (plan de l'écliptique). Cet axe peut tourner autour de la normale pour reproduire la variation annuelle.

Ce modèle, établi à l'échelle $0,5.10^{-8}$ est constitué par une sphère en aluminium, recouverte d'un enduit luminescent, sur lequel sont tracés les principaux méridiens et parallèles géographiques, et renfermant une sphère mince en fer, portant un enroulement logé dans une gorge équatoriale, et dont l'axe (magnétique) est incliné de 15° par rapport à l'axe de rotation.

Le problème consiste à reproduire des couronnes aurorales présentant à l'échelle indiquée le même rayon de courbure que celle de Nordenskjöld [1]. Il faut pour cela utiliser des électrons de $3.10^{10} \times 0,5.10^{-8}$, soit 150 volts.

En opérant avec un large faisceau cathodique sous une pression convenable, pour distinguer la trace des électrons primaires et secondaires, on reproduit aisément la couronne et les rayons auroraux qui dessinent le spectre magnétique de la sphère. Les corpuscules s'approchant des pôles sont successivement déviés dans deux directions opposées en entraînant le pôle auroral au nord-est du pôle magnétique. Dans des circonstances favorables, il est possible de distinguer jusqu'à trois spires de la géodésique, qui correspondent aux couronnes multiples de Nordenskjöld.

L'aire de la couronne, dont l'ellipticité est très variable, est plus grande en été qu'en hiver. Elle croît avec la vitesse des électrons. Ainsi s'expliquent les variations opposées de la fréquence undécennale aux hautes et aux basses latitudes, l'énergie des électrons solaires croissant avec l'*activité* du soleil.

L'expérience montre aussi que les électrons primaires ne rencontrent pas la sphère et que leur enroulement peut encore se produire à une distance du globe égale à son diamètre. Mais elle montre surtout que le pôle auroral de Nordenskjöld (qui coïncide avec celui de la carte de Fritz), bien loin d'être fixe, subit un déplacement diurne et annuel tel qu'il décrit, en réalité, autour des pôles géographiques une trajectoire à vitesse variable. Cette

(1) Une erreur de traduction faisait attribuer 1000^{km} au rayon de courbure de la couronne. Ce rayon est en réalité voisin de 2000^{km}, et l'énergie des électrons solaires devient 3.10^{10} volts-électron. Le fait que ces corpuscules atteignent la vitesse de la lumière explique la célèbre observation de Carrington.

rotation autour du globe des spires électroniques représente précisément le champ démagnétisant de Faraday et de Schuster rendant compte des variations diurne et annuelle du magnétisme terrestre. Nous avons, en particulier, cherché à rendre compte de la forme de la courbe de la déclinaison à Paris : les maxima opposés de 8 heures et de 13 heures sont dus au passage de la couronne boréale, tandis que ceux de 22 heures et 3 heures sont dus à la couronne australe, les sens de déplacement et les aires des deux couronnes étant opposées.

Ces mouvements paraissent aussi expliquer les déplacements des arcs auroraux par rapport au méridien magnétique, signalés depuis Bravais, ainsi que le fait remarquable de la tardive apparition diurne de la couronne (21 heures) de Nordenskjöld. Ils rendent compte également des courbes annuelles de fréquence aurorale qui sont opposées aux hautes et aux basses latitudes.

Mais l'enroulement des électrons solaires à une distance de l'ordre du diamètre du globe, montre que le phénomène lumineux, qui représente pour nous l'aurore, ne saurait nullement localiser l'altitude du courant démagnétisant, ni la source des rayons cosmiques. Notre atmosphère s'étend théoriquement jusqu'à 6,6 rayons terrestres; si nous admettons que l'enroulement a seulement lieu à une altitude d'un rayon terrestre, nous voyons que tout un hémisphère est, à chaque instant, irradié par la couronne. Si nous remarquons de plus que sa brillance n'est guère que le double de celle du ciel nocturne (raie 5577) et que les rayons cosmiques sont très fortement dégradés et diffusés avant d'arriver au sol, nous voyons que nous ne pouvons nous attendre a aucune variation sensible de l'intensité de ces rayons en fonction de la latitude. Par contre, leurs fluctuations brusques bien connues doivent être rapprochées de celles du magnétisme, du tellurisme et du champ électrique terrestre [1].

---

[1] Les variations de ce dernier semblent être dues à l'arrivée, à la base de la stratosphère, de nuages d'ions négatifs (auxquels on doit aussi les cirrus), provenant des nuages d'électrons auroraux secondaires ayant épuisé leur pouvoir ionisant vers 100^{km} d'altitude. Cette couche d'ions négatifs, d'ailleurs mise en évidence par M. Idrac, tend à renverser le champ électrique normal et le courant vertical sans que ces ions négatifs, vu leur faible mobilité, aient le temps de traverser la troposphère. C'est grâce à ce phénomène d'*influence* que les variations du magnétisme et du tellurisme sont simultanées.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur une foudre globulaire à éclatements multiples.* Note [1] de M. **J. Imbrecq.**

La Communication récente de M. Douvillé [2] m'amène à faire la suivante, peut-être plus curieuse encore.

En juin 1914, vers 3^h ou 4^h de l'après-midi, un orage d'une violence exceptionnelle éclatait sur Paris (c'était le jour où une excavation fut causée par la pluie, place Saint-Augustin, telle qu'une voiture s'y engloutit). Je me trouvais sous les tentes de l'épicerie Terminus [3], près de la gare Saint-Lazare, à regarder la pluie torrentielle tomber, lorsqu'une boule de feu, parfaitement ronde, d'une couleur jaune dorée, d'une vingtaine de centimètres de diamètre, descendit du ciel et éclata sur un des rails du tramway, à 5 ou 6^m de moi. Cette boule disparaissait ensuite en remontant au-dessus des immeubles de la rue de Rome, puis revenait éclater à nouveau devant moi pour remonter de la même façon, et cela à 3 ou 4 reprises [4], et toujours au même endroit.

L'orage s'étant calmé, j'allai voir le point de choc sur le rail et fus tout surpris de constater que ces 3 ou 4 explosions formidables n'y avaient laissé aucune trace.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'évolution des glucides au cours de la formation de la graine de deux variétés de Pois.* Note de M. **M. Bridel** et Mlle **C. Bourdouil**, présentée par M. L. Blaringhem.

Les deux variétés étudiées présentent des caractères extérieurs nettement différents en ce qui concerne la graine sèche. Le *Pisum sativum* L., var. très hâtif d'Arras, est rond et jaune; le *P. sativum* var. Le Délicieux est vert et ridé. La composition de ces deux graines présente également des différences importantes. Le pois ridé contient plus de sucres hydrolysables par l'invertine et par l'émulsine et, par contre, moins d'amidon que le pois rond.

---

(1) Séance du 26 octobre 1931.

(2) H. Douvillé, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 379.

(3) Aujourd'hui disparue.

(4) Après quoi elle disparut.

L'étude de l'évolution des glucides au cours de la formation de la graine permet d'expliquer pour une bonne part ces différences.

Les graines ont été semées à l'Arboretum G. Allard d'Angers; la floraison des plantes s'étendant sur une période assez large, les fruits ont été récoltés suivant leur état de développement jugé par l'aspect de la gousse et la grosseur des graines. Le pois rond a été étudié dès le début de la formation de la graine; le poids ridé, aux dernières étapes de son évolution.

N° des essais.	Nombre de graines dans 100g.	Substance sèche.	Déviation polar. initiale.	Sucres réducteurs initial.	après invertine.	après émulsine.	Amidon.
			Pois « très hâtif d'Arras ».				
1.......		17,2	+ 2°,4	0,71	3,48		2,13
2.......	983	18,5	2,93	0,41	5,10		2,69
3.......		20	5,63	0,28	5,24		3,55
4.......	377	24,7	5,58	0,10	4,62		7,51
5.......		39,6	4	0,09	1,88	2,89	16,75
6.......	190	49,5	4,98	0,08	1,65	2,98	20,60
7.......		83,8	12	0	3,20	7,56	34,6
			Pois « Le Délicieux ».				
IV......	264	20,3	3,72	0,12	3,10	3,27	3,17
V......	134	23,3	5,88	0,11	3,62	3,96	4,34
VI......	104	30,0	5,88	0,13	3,69	4,25	7,23
VII.....		84,0	25,8	0,15	8,37	14,42	19,8

Les nos 7 et VII correspondent aux graines mûres et sèches.

En examinant les résultats relatifs au pois rond, on voit que l'émulsine ne provoque aucune action au cours des quatre premiers stades. Il n'existe donc pas de stachyose au début de la formation de la graine. On trouve, dès le début, une quantité notable de saccharose accompagnée d'une quantité plus faible de sucres réducteurs. Les sucres réducteurs diminuent progressivement pour disparaître complètement dans la graine sèche (n° 7). Le saccharose augmente jusqu'à l'essai n° 3; il diminue légèrement puis fortement au moment où la synthèse de l'amidon est la plus active. Le saccharose semble utilisé partiellement à la synthèse de l'amidon. Nous n'avons pu mettre en évidence de produits intermédiaires entre le saccharose et l'amidon, résultat confirmant ceux de Colin et ses collaborateurs

pour d'autres plantes. L'amidon apparaît dès le début, on n'en trouve guère dans les trois premiers stades, il augmente ensuite très rapidement. On constate pendant la dessiccation de la graine une augmentation du pouvoir rotatoire droit corrélative d'une augmentation des glucides hydrolysables par l'émulsine.

La substance sèche augmente du début à la fin de la formation de la graine, ce qui s'explique plutôt par l'accumulation de produits insolubles tels que l'amidon que par la diminution de la teneur en eau.

Si l'on compare les résultats avec ceux qui ont été obtenus pour le pois ridé, on voit que, chez ce dernier, le principe hydrolysable par l'émulsine (stachyose) est apparu alors que la teneur en amidon est de 3,17 pour 100 seulement. A ce moment il n'y a pas trace de stachyose dans le pois rond. Les formations des deux glucides semblent donc, chez le pois, indépendantes l'une de l'autre.

La formation de l'amidon s'arrête à la teneur de 7,23 pour 100 chez le pois ridé, celle du pois rond allant jusqu'à 20,6 pour 100. A ce stade, la teneur en eau est de 70 pour 100 dans le pois « Le Délicieux », alors qu'elle est de 50 pour 100 dans le pois rond. Tout se passe comme si le développement du pois ridé s'arrêtait au moment (stade VI) où les teneurs en amidon, en glucides solubles et en eau sont assez voisines de celles que présente le pois rond au stade IV.

Lorsque le pois Le Délicieux se dessèche, le tégument, distendu par une forte quantité d'eau, se ride et donne à la graine l'aspect connu.

En résumé, si le pois ridé renferme, quand il est mûr, plus de glucides solubles et moins d'amidon que le pois rond, et s'il est plus hydraté, c'est que son évolution s'arrête à un stade que dépasse nettement le pois rond. Au cours de cette évolution plus longue, le saccharose diminue alors que l'amidon s'accroît. La richesse du pois ridé en glucides solubles tient donc moins à une véritable abondance de ces produits qu'à une incapacité partielle de la graine à les condenser en amidon. A cause de cette incapacité, la proportion de glucides solubles ne varie plus guère. Il n'y a plus, en ce qui les concerne, rupture d'équilibre entre la graine et la plante qui ne fournit plus de glucides solubles à la graine : l'évolution de celle-ci cesse.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'existence fréquente de vacuoles spécialisées dans les cellules à anthocyane.* Note de M. **A. Guilliermond**, présentée par M. Molliard.

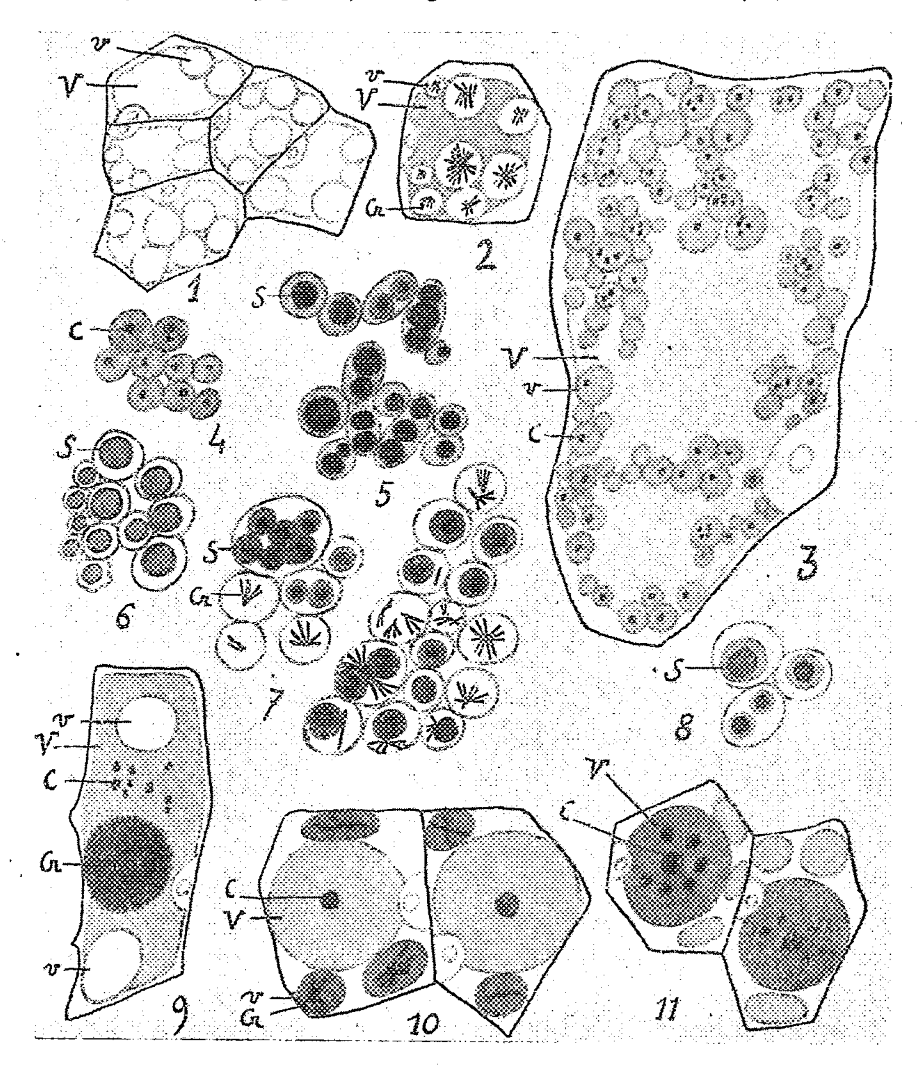
Mangenot (1927) a décrit dans de nombreux Végétaux la présence, dans les mêmes cellules, de vacuoles spécialisées, colorables vitalement par le bleu de crésyl, les unes en violet, les autres, riches en tannin, en bleu, fait confirmé plus récemment par Bailey et Bailey et Zirckle (1931), et vérifiant d'ailleurs d'anciennes et brèves observations de Went et Klercker. Au cours de nos recherches cytologiques sur les pigments anthocyaniques, nous avons eu l'occasion de constater la grande fréquence des vacuoles spécialisées.

L'un des exemples les plus caractéristiques est celui du fruit de *Rubus fruticosus* qui, d'abord vert, devient rose, puis noircit à maturité. Les cellules de l'épicarpe (*fig.* 1), renferment, dès le début, deux catégories de vacuoles : une grosse vacuole centrale (V), remplie de tannin, et de petites vacuoles périphériques (*v*), dépourvues de ce produit. A la maturité du fruit (*fig.* 2), la grosse vacuole forme un pigment rouge très pâle, tandis que, dans les petites vacuoles, se déposent des cristaux (Cr), d'un pigment violet foncé. Les cellules du mésocarpe montrent, avant la pigmentation, une énorme vacuole renfermant du tannin, et d'innombrables petites vacuoles sans tannin, se pressant les unes contre les autres dans le cytoplasme pariétal et dans les trabécules qui traversent la grosse vacuole.

Dans certaines cellules (*fig.* 3) la grosse vacuole V (produit un pigment rouge cerise pâle, tandis que dans les autres elle reste incolore. Quant aux petites vacuoles (*v*), elles prennent une teinte rouge brique et forment souvent de minuscules granulations (C) d'une teinte plus foncée et animées de mouvements browniens, paraissant résulter de la précipitation d'une substance colloïdale qui adsorberait le pigment. Les figures 4 à 8, représentant des fragments de cytoplasme avec leurs petites vacuoles, rendent compte de l'évolution ultérieure de ces dernières. On voit apparaître dans la plupart d'entre elles un ou plusieurs corps sphériques (S), d'une teinte violet noirâtre, à structure concentrique et qui ressemblent à des sphérocristaux, mais qui n'en ont pas montré les propriétés optiques. En même temps, le suc vacuolaire vire au violet, puis se décolore (*fig.* 6 à 8). En outre se déposent dans la vacuole des cristaux aciculaires de pigment violet,

foncé (*fig.* 7); dans certaines vacuoles, il ne se forme même que des cristaux.

Les cellules épidermiques des pétales de glycine offrent un exemple analogue; on y trouve (*fig.* 10) une grosse vacuole centrale (V) et de petites



vacuoles périphériques (*v*). La vacuole centrale renferme un pigment très pâle, tirant sur le rouge avec un ou plusieurs corps ronds (C), plus sombres, qui représentent des précipités de tannin ayant adsorbé le pigment. Les petites vacuoles sont dépourvues de tannin et contiennent un pigment violet foncé tirant sur le bleu qui cristallise partiellement sous formes d'aiguilles

bleues (Cr). Ces deux catégories de vacuoles existent déjà dans les cellules très jeunes, mais ce sont les petites vacuoles qui se pigmentent les premières. Les pétales de la fleur d'*Hibiscus Syriacus* (*fig.* 11) offrent à la base une tache rouge occupée par des cellules pourvues aussi de deux catégories de vacuoles : une grosse vacuole centrale (V), à pigment rouge avec des précipités de tannin (C), et de petites vacuoles périphériques à pigment violet pâle (φ).

On rencontre également deux catégories de vacuoles dans les cellules épidermiques des feuilles et des bractées de *Canna* (*fig.* 9) : 1° une grosse vacuole (φ), renfermant une solution d'un pigment rouge avec un ou plusieurs gros sphérocristaux (S), du même pigment et quelques précipités de tannin (C); 2° de petites vacuoles (φ) dépourvues de pigment et de tannin.

Ces exemples, que l'on pourrait multiplier, montrent qu'il existe, fréquemment dans les cellules des Végétaux supérieurs, diverses catégories de vacuoles, différant essentiellement par la nature et la réaction de leur contenu. Ces vacuoles constituent des centres où s'accumulent et se transforment divers produits du métabolisme cellulaire.

CYTOLOGIE. — *Sur la présence de zooxanthelles chez les Éolidiens* [1]. Note de M. Ch. Rousseau, présentée par M. L. Joubin.

Hecht[2] a désigné sous le nom de cellules excrétrices à grosses sphères brunes (*Leberzellen* de Barfurth, *Körnerzellen* de Frenzel) des cellules du foie de *Spurilla* (*Æolidiella*) *glauca*, Ald. et Hanc. et d'*Æolidia papillosa* L., renfermant 2 à 5 corps arrondis de coloration brune caractéristique, et mesurant 8^{μ} de diamètre. Cet auteur affirme que ce sont des boules d'excrétion qui sont expulsées dans l'intestin et qui colorent plus ou moins les excreta.

Henneguy [3] a vu aussi ces *sphères brunes* dans les cellules hépathiques de *Spurilla neapolitana*, delle Chiaje, de *Favorinus albus* Ald. et Hanc. et de *Spurilla glauca* A. et H. Il a observé le premier que ces corps peuvent se

(1) Travail du Laboratoire de Biologie marine du Croisic.

(2) Hecht E., *Contribution à l'étude des Nudibranches* (*Mém. Soc. zool. Fr.*, 8, 1896, p. 130, pl. III, fig. 35-37).

(3) L.-F. Henneguy, *Contribution à l'histologie des Nudibranches* (*Arch. anat. micr.*, 21, fasc. 2, 1925, p. 415, fig. 9).

diviser à l'intérieur des cellules, mais il n'a pu en déterminer la nature. Il pose le problème sans le résoudre : s'agit-il de parasites endocellulaires ou bien d'une production endogène de petites cellules à l'intérieur de la cellule hépatique ?

Mes recherches me permettent d'affirmer que ce sont des zooxanthelles intracellulaires.

J'ai trouvé ces zooxanthelles chez *Spurilla glauca* A. et H., *S. croisicensis* Labbé, *Favorinus albus* A. et H. et *Æolidia papillosa* L. qui sont des espèces très communes au Croisic. J'en ai vu également chez *Spurilla neapolitana* delle Chiaje dont un seul exemplaire a été recueilli au Croisic.

Les trois premières espèces citées ont l'épithélium des cœcums hépatiques bourré de corps bruns, moins abondants chez *Æolidia papillosa* L. (certains exemplaires n'en possèdent même pas du tout).

Comme Henneguy, j'ai vu que les « corps bruns » avaient la même structure dans toutes les espèces d'Éolidiens, mais j'ai constaté de plus que cette structure est semblable à celle des zooxanthelles de certaines Actinies, en particulier de *Cylista undata* Müll. (= *Sagartia troglodytes* Johnston).

Les « sphères brunes » des Éolidiens et les zooxanthelles de *Cylista undata* ont une membrane résistante relativement épaisse, un noyau renfermant des granulations chromatiques, une vacuole, plus rarement deux, contenant un corpuscule acidophile se colorant particulièrement bien par l'éosine et la rubine acide et représentant vraisemblablement un pyrénoïde.

Les sphères brunes des Éolidiens, comme les zooxanthelles de *Cylista undata*, mesurent ordinairement 6 à 8^{μ}; on en trouve aussi de plus petites d'environ 2^{μ} à 3^{μ}. J'ai souvent observé les « corps bruns » accolés deux à deux dans une même vacuole.

Mais il y a plus. Deux séries d'expériences confirment que les prétendues boules d'excrétion sont bien des xanthelles, semblables à celles que l'on trouve chez les Actinies.

1° Quelques exemplaires d'*Æolidia papillosa* L., dépourvus de « sphères brunes », ont été nourris avec des fragments de *Cylista undata*. Deux jours après, j'ai constaté que les papilles contenaient un grand nombre de zooxanthelles. Sur les coupes, on les trouve dans le tube digestif, dans la lumière des cœcums des cirres, et, fait important, dans les cellules épithéliales des cœcums hépatiques, au nombre de 1 à 3 par cellule, rarement plus. J'en ai vu aussi quelques-unes dans les sacs cnidophores.

2° Des *Spurilla glauca* A. et H et des *Sp. croisicensis* Labbé ont été laissés sans nourriture pendant un mois. Au bout de ce laps de temps, le

tissu hépatique est dépourvu de « sphères brunes ». Ces Éolidiens ont été ensuite nourris avec des fragments de *Cylista undata*. Comme pour *Æolidia papillosa* L., on trouve, sur les coupes, des xanthelles dans les cellules épithéliales des cœcums hépatiques.

De ces expériences résulte que, en s'alimentant avec les Actinies, les Éolidiens absorbent les xanthelles parasites de ces dernières et que ces xanthelles pénétrant dans les cellules des cœcums hépatiques peuvent y vivre pendant un temps plus ou moins long et s'y reproduire.

Je reviendrai ultérieurement sur la pénétration des zooxanthelles dans la cellule hépatique, qui pose les mêmes problèmes que la pénétration des nématocystes cœlentériens dans les cellules épithéliales des sacs cnidophores des Éolidiens.

PHYSIOLOGIE. — *La formation de la créatine et des corps puriques de l'urine aux dépens des matières protéiques.* Note (¹) de MM. **Emile-F. Terroine**, **A. Giaja** et **L. Bayle**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans divers travaux l'un de nous s'est efforcé de multiplier les preuves de la formation de la créatine (Terroine et Danmanville) et des composés puriques (Terroine et Mlle G. Mourot) de l'urine aux dépens des substances protéiques alimentaires.

A cet égard la mise en évidence d'une élévation du taux de la créatine (Garot) et des composés puriques (Raiziss, Dubin et Ringer) lors du remplacement d'une alimentation glucidique stricte par une ration riche en matières protéiques apporte un argument de grande valeur.

Il nous a paru qu'on fournirait une preuve plus saisissante encore, et plus précise, de la formation synthétique de la créatine et des corps puriques aux dépens des substances protéiques exogènes en montrant que les quantités respectivement rejetées suivent une marche parallèle à celle de l'excrétion de l'azote total, et peut-être même restent toujours proportionnelles à cette dernière.

Dans le but de voir s'il en était ainsi, nous nous sommes adressés à des animaux de grande taille (porcs de 100 à 200kg) capables d'ingérer des quantités abondantes de nourriture et chez qui, par conséquent, on peut

(¹) Séance du 9 novembre 1931.

faire varier dans des proportions considérables le taux des matières protéiques introduites.

Dans une première période, les sujets reçoivent une alimentation qui, en dehors des éléments minéraux et des vitamines nécessaires, est constituée uniquement par de l'amidon. Ils sont donc amenés ainsi au niveau de leur dépense azotée endogène. Ensuite, on substitue à l'amidon un aliment riche en matières albuminoïdes (farine de pois) tout en conservant la même valeur énergétique et la même composition par ailleurs. La substitution est graduelle, par paliers: chaque période, d'une dizaine de jours, est caractérisée par les taux d'azote ingéré et rejeté. Étant donnée la quantité d'aliments qu'acceptent volontiers les animaux utilisés, on peut opérer sur une marge très étendue. On verra plus loin que, partant d'un rejet azoté de 5g dans le régime glucidique, on a pu aboutir, à la dernière étape, à un rejet de 72g. De ces écarts considérables, on peut donc espérer l'obtention de valeurs significatives pour la discussion des problèmes posés.

Un Mémoire prochain exposera, avec le détail des techniques, la totalité des données expérimentales nécessairement fort nombreuses. Nous donnerons seulement dans cette Note les résultats moyens, exprimés en grammes par 24 heures, de chaque période.

Période.	N ingéré.	N urinaire total.	N purique (acide urique + bases puriques).	N allantoïne.	N allantoïne + N purique.	N créatine.	N créatinine.
			Porc n° 1 (100kg).				
I	1,650	4,907	0,166	0,439	0,605	0,070	0,824
II	30,962	15,252	0,150	1,297	1,447	0,226	0,829
III	54,040	34,501	0,442	2,511	2,953	0,595	0,858
IV	77,119	55,716	0,451	3,053	3,504	1,036	0,850
V	100,00	72,464	0,608	3,725	4,333	1,681	0,926
			Porc n° 2 (200kg).				
I	1,00	8,498	0,269	0,452	0,721	0,091	1,157
II	27,537	17,960	0,197	0,910	1,107	0,218	1,152
III	54,075	34,437	0,458	2,660	3,118	0,524	1,163
IV	80,612	53,787	0,634	2,844	3,478	0,935	1,172

L'examen des valeurs ci-dessus ne laisse persister aucun doute sur le sens de la réponse à donner : l'excrétion de la créatine et celle des composés puriques, allantoïne comprise, augmente d'une manière régulière, paral-

lèlement à l'excrétion azotée totale. Mais y a-t-il plus qu'un parallélisme, y a-t-il maintien dans toutes les périodes d'un rapport constant entre les quantités des corps envisagés et celle de l'azote rejeté ?

Pour examiner ce point, calculons pour chaque période comportant ingestion de matières protéiques les excès rejetés d'azote, de créatine et de corps puriques par rapport à la dépense endogène; établissons ensuite les rapports respectifs des deux groupes de corps à l'azote total.

Porc n° 1.

Excès de N total	10,345	29,594	50,809	67,557
Rapport des excès $\frac{\text{N créatine}}{\text{N total}} \times 1000$	14,9	17,7	19,0	23,8
Rapport des excès $\frac{\text{N allantoïne} + \text{N purique}}{\text{N total}} \times 1000$	81,3	79,3	57,0	55,1

Porc n° 2.

Excès de N total	9,462	25,939	45,289	–
Rapport des excès $\frac{\text{N créatine}}{\text{N total}} \times 1000$	13,4	16,6	18,6	–
Rapport des excès $\frac{\text{N allantoïne} + \text{N purique}}{\text{N total}} \times 1000$	40,7	92,4	60,8	–

Cas de la créatine. — On remarquera tout d'abord l'identité des résultats chez les deux sujets : une même quantité de N rejetée renferme une même quantité de créatine. D'autre part, la proportion de N créatinique croît avec la quantité de N rejetée. L'explication de ce fait reste à dégager. Toutefois, acceptant une hypothèse souvent formulée, le caractère de produit intermédiaire de la créatine, on peut entrevoir cette explication. Initialement formée en proportion constante aux dépens des matières protéiques détruites, une certaine quantité, toujours la même, subirait une transformation ultérieure.

Cas de la somme des composés puriques et de l'allantoïne. — Les résultats sont beaucoup moins cohérents. Il est vraisemblable que divers facteurs viennent troubler la proportionnalité attendue. En particulier : d'une part, la fixation d'une certaine quantité de corps puriques par formation des tissus, les animaux continuant à croître comme le montre l'importance de leur rétention azotée; d'autre part, un rejet possible, et peut-être important, de corps puriques par l'intestin, les matières fécales étant fort abondantes lors d'alimentation riche en albuminoïdes. Ce sont là hypothèses dont nous examinons actuellement la validité.

Pour le moment, du parallélisme remarquable mis en évidence des rejets

de l'azote total d'une part, de la créatine et des corps puriques de l'autre, nous ne voulons retenir que la preuve irréfutable à nos yeux de la synthèse de la créatine et des composés puriques aux dépens de certains constituants des matières protéiques.

BIOLOGIE PHYSICO-CHIMIQUE. — *Protéines animales et végétales. Analyse électrométrique*. Note (¹) de MM. **J. Errera, H. Vogels** et **L. Hauss**, présentée par M. J. Perrin.

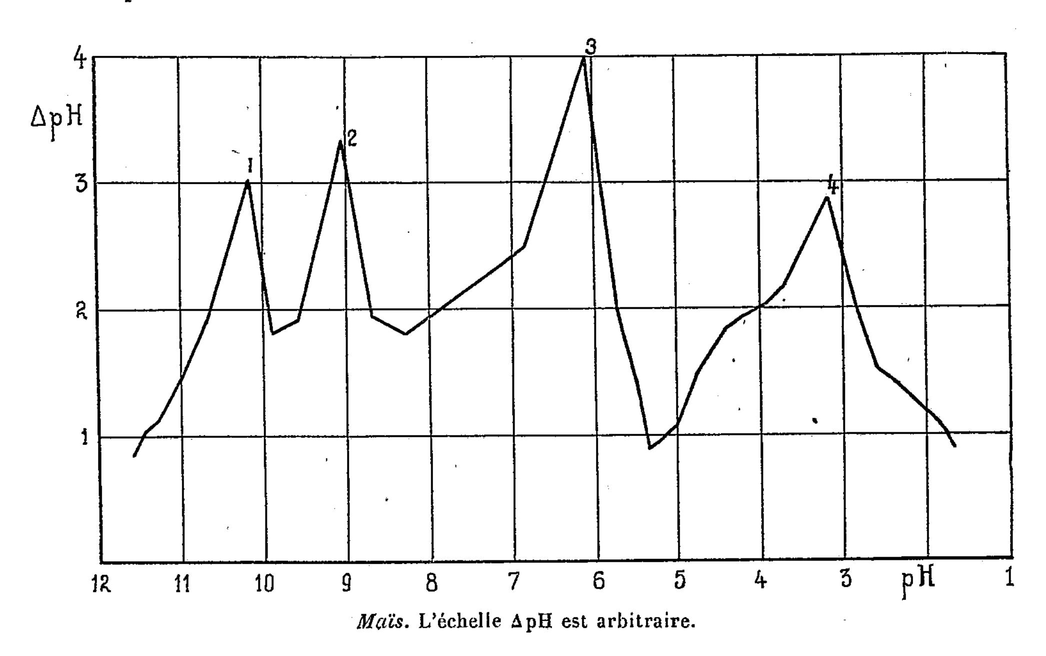
Nous avons entrepris une étude systématique des protéines animales et végétales en faisant des titrages électrométriques avec une électrode d'antimoine. Nous avons tracé les courbes de titrage électrométrique (c.t.e.), dont les ordonnées sont les variations du pH et les abscisses les valeurs du pH. Cette représentation différentielle fait ressortir l'existence de maxima qui sont chacun dus au fait qu'un corps est pratiquement complètement combiné avec le réactif titrant. Dans la représentation : pH en fonction du nombre de centimètres cubes du réactif, ces maxima correspondent aux points d'inflexion de la c.t.e. Dans cette Note nous donnons deux exemples.

1° *Maïs* (*homini*). — Les différentes protéines du maïs moulu sont extraites par une solution de NaOH N/10 par un contact de deux heures avec agitation. Le pH de la solution est de l'ordre de 12. Nous titrons par HCl N/10 et nous obtenons la courbe ci-après.

Nous remarquons la présence de 4 maxima. A quoi correspondent-ils? Pour le trouver, nous faisons sur le maïs les extractions suivantes. Première extraction : Par une solution de NaCl. Nous titrons la solution obtenue par HCl N/10. La c. t. e. ne donne qu'un maximum coïncidant avec le maximum 4 de la figure. Ce maximum unique est dû à la fin de la chloruration de la globuline du maïs (maysine) qui est seule soluble dans la solution saline neutre. Nous alcalinisons ensuite l'extrait par NaCl avec NaOH N/10 et nous titrons par HCl : la c. t. e. présente deux maxima. Le premier, situé entre les valeurs 6 et 7 du pH correspond à la saturation de NaOH libre et au début de la chloruration du globulinate de soude et le second qui coïncide à nouveau avec le maximum 4 de la figure représente la fin de la chloruration de la globuline. Deuxième extraction : Par de

(¹) Séance du 3 novembre 1931.

l'alcool à 70 pour 100. Les protéines sont floculées par HCl, filtrées, lavées et redissoutes dans NaOH N/10. La c. t. e. présente un premier maximum correspondant au point 2 de la figure, qui est dû à la fin de la neutralisation de NaOH et au début de la formation du chlorure de glutéline, et un second correspondant à la fin de cette chloruration. Troisième extraction : Par de



Maïs. L'échelle ΔpH est arbitraire.

l'alcool absolu. On traite de la même manière qu'à la deuxième extraction. La c. t. e. présente trois maxima. Le premier, correspondant au maximum 1 de la figure, est dû à la neutralisation de la soude libre et en même temps au début de la chloruration du prolaminate de Na (zéinate seule soluble dans l'alcool absolu). Le deuxième, correspondant au point 2 de la figure, est dû à la fin de la chloruration de la zéine et au début de la chloruration de la glutéline; le troisième correspond à la fin de cette action de HCl.

Il résulte de là que ces extractions systématiques permettent d'attribuer pour le mélange des protéines dans l'extrait alcalin du maïs, le premier maximum à la fin de la neutralisation de NaOH libre, le second maximum à la fin de la chloruration de la prolamine, le troisième maximum à la fin de la chloruration de la glutéline et le dernier à la fin de l'action sur la globuline. La c. t. e. permet donc d'analyser un mélange complexe de protéines et de caractériser de façon bien définie ces différentes protéines par des maxima qui correspondent à la fixation soit d'un ion positif (protéinate

de Na), soit d'un ion négatif (chlorure de protéine). Des études analogues ont été faites sur le riz et l'arachide et sont en cours sur le blé, l'orge.

2° *Gélatine.* — Une solution à 0,1 pour 100 de gélatine est titrée par HCl N/100. Le milieu initial avait un pH de 4,2 et la c. t. e. présente un maximum à 3,05. Au lieu de titrer par un acide, nous titrons une solution de gélatine par NaOH N/100. La c. t. e. présente aussi un maximum mais a un pH égal à 5. Nous voyons que lorsque nous titrons par un acide ou une base, nous trouvons des maxima pour des pH différents. Nous avons alors, sur une autre solution, ajouté un excès de soude et titré en retour par HCl. La c. t. e. montre la présence de ces deux maxima : le premier correspondant à la fin de la neutralisation de la soude et au début de la décomposition du gélatinate de sodium, le second à la fin de la saturation de la gélatine par HCl.

Des c. t. e. analogues ont été faites pour différentes albumines et sont en cours sur le plasma et le sérum dans les cas normaux et pathologiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'isolement du carotène des glandes surrénales.* Note de MM. **Octave Bailly** et **Roger Netter**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

I. Le carotène, pigment très répandu dans le monde végétal, a été également signalé dans le règne animal. Mais, abstraction faite de quelques cas pathologiques ou d'études portant sur des animaux de laboratoire soumis à des régimes spéciaux (expériences de Th. Moore, N. S. Capper, L. K. Wolff, etc.), il n'a, d'une façon générale, été trouvé qu'à l'état de traces chez les animaux supérieurs. L'organisme de ceux-ci ne l'emmagasinerait pas, mais le transformerait en vitamine A, le foie étant, d'après Th. Moore (1), le siège de cette transformation.

Les expériences effectuées jusqu'à ce jour en vue de préciser la répartition du carotène dans l'organisme des animaux supérieurs peuvent être classées en deux catégories : celles qui ont abouti à l'isolement effectif du carotène à l'état cristallisé et celles dans lesquelles ce pigment a seulement été identifié par des méthodes analytiques plus ou moins précises.

Au premier groupe on ne peut guère rattacher que les recherches de

(1) Th. Moore, *Biochemical Journal*, 24, 1930, p. 692, et 25, 1931, p. 275.

H. H. Escher (¹) qui a réussi a retirer de 146^{kg} d'ovaires 0^{g},45 de carotène cristallisé. Au second, on peut rapporter les nombreux travaux de l'école physiologique, basés sur les réactions colorées que donne le carotène avec les trichlorures d'antimoine ou d'arsenic en solution chloroformique et quelquefois même sur la simple observation de la coloration des solutions de ce pigment dans les solvants volatils (éther de pétrole, sulfure de carbone, etc.).

Les travaux de C. L. Connor (²), d'après lesquels la surrénale serait à beaucoup près l'organe le plus riche en carotène, reposant sur cette seule observation, nous avons pensé que l'isolement à partir des glandes surrénales, de carotène à l'état cristallisé, méritait d'être tenté. Nous avons pu l'effectuer de la façon suivante :

Technique. — 30^{kg} de capsules surrénales de bœuf, parfaitement saines, ont été hachées, puis traitées à deux reprises par de l'alcool à 75° préalablement additionné de 2 pour 1000 d'acide acétique et utilisé en proportion telle que le titre de la liqueur extractive soit de 45° environ, chaque macération étant suivie d'une filtration et d'un passage à la presse hydraulique. Les tourteaux obtenus, hachés à leur tour, ont été épuisés à l'acétone, puis le solvant a été distillé dans le vide et le résidu sec additionné d'une solution hydro-alcoolique de potasse (100$^{cm^3}$ de lessive de potasse à 33 pour 100 et 400$^{cm^3}$ d'alcool à 95°). On a, ensuite, agité avec de l'éther de pétrole. De la solution étheropétrolique on a pu extraire une petite quantité de carotène, mais le pigment ayant paru demeurer en majeure partie dans la phase alcoolique, on a abandonné cette dernière au repos dans le vide. Au bout de 48 heures on à effectivement recueilli d'abondants cristaux de carotène que l'on a lavés avec de l'alcool méthylique chaud. La cristallisation des eaux mères s'est poursuivie pendant plusieurs jours.

Au total, on a obtenu 0^{g},30 de carotène pur, soit 1^{cg} par kilogramme de glandes fraîches, quantité plus de trois fois supérieure à celle retirée des ovaires par Escher.

Ce carotène a été identifié au carotène végétal : il fond à 192° au bloc Maquenne, point de fusion que nous avons également trouvé pour le carotène végétal. Au tube, nous obtenons le même point de fusion, soit 168-169° (non corrigé) pour notre carotène de surrénale, pour le carotène végétal et pour leur mélange; mais nous estimons que cette dernière con-

(¹) H. H. Escher, *Zeit. physiol. Chem.*, 83, 1913, p. 198.

(²) C. L. Connor, *Journ. of biol. Chem.*, 77, 1928, p. 619.

stante manque de netteté, ce qui expliquerait les divergences entre les températures de fusion publiées par les divers chercheurs.

Cette imprécision, ainsi que l'écart considérable avec le point de fusion instantané, s'expliquent vraisemblablement, par la présence d'isomères tels que ceux que Karrer a signalés pour le carotène végétal.

En solution sulfocarbonique à 5^{mg} par litre notre carotène de surrénale donne un spectre d'absorption qui présente les deux bandes caractéristiques du carotène végétal signalées par G. Bertrand [1], l'une vers la raie *b* entre 510 et $525^{\mu\mu}$ et l'autre vers la raie F entre 480 et $490^{\mu\mu}$.

II. Notre technique d'isolement montre combien peu sûres sont les méthodes d'estimation du carotène basées sur le fait que le carotène et la xantophylle se sépareraient par agitation de leur solution éthéropétrolique avec de l'alcool faible, qui n'enlèverait que la xantophylle. Le carotène en solution dans ses liqueurs extractives impures se comporte, en fait, très différemment du carotène cristallisé au point de vue de ses solubilités. Nous ignorons encore si la solution alcoolique contient du carotène dont la cristallisation est retardée par des impuretés, des isomères plus solubles (Karrer) ou peut-être un pigment qui ne se transformerait que peu à peu en carotène.

III. Le carotène semble à la fois présent dans les zones corticale et médullaire de la glande, et nous avons l'espoir que des expériences en cours nous permettront d'apporter ultérieurement des données plus précises à ce sujet.

IV. On sait qu'on attribue aux capsules surrénales un rôle considérable dans la croissance ainsi qu'un pouvoir de défense contre les infections. On sait, d'autre part, que le carotène peut jouer, à la fois, le rôle de vitamine A (ou de provitamine A) et celui d'agent antiinfectieux. La présence, désormais nettement établie, d'une quantité relativement importante de carotène dans les surrénales autorise peut-être un rapprochement entre ces différents faits.

---

(1). G. Bertrand, *Comptes rendus*, 115, 1892, p. 828.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Inoculation au singe de souches bactériennes, isolées de trachomateux tunisiens.* Note de M. **Ugo Lumbroso**, présentée par M. F. Mesnil.

J'ai rapporté ([1]) les résultats négatifs de tentatives d'isolement du *Bacterium granulosis* de Noguchi chez 29 trachomateux tunisiens. J'ai d'autre part décrit, dans la même Note, de nouvelles souches bactériennes, isolées par moi de ces cas et que j'ai rangées en trois groupes : A, B, C, de plus en plus éloignés du *B. gr.* En outre j'ai présenté, dans une autre Note ([2]), avec M. Ch. Nicolle, les résultats d'essais négatifs de reproduction du trachome sur l'homme avec les cultures originelles de Noguchi.

Aujourd'hui j'exposerai les résultats d'essais sur le singe avec les souches, isolées par moi. Ces essais ont été peu nombreux, en raison de l'existence de granulations naturelles chez la plupart des singes de l'Institut Pasteur de Tunis (une quarantaine). Les inoculations ont été pratiquées par injection, sous les conjonctives d'un seul œil, avec des cultures de 48 heures et les animaux observés pendant uue soixantaine de jours.

Expériences. — *Souches du type* A (deux Patas, un *Macacus cynomolgus*, un Magot). — Ces singes ont été inoculés respectivement avec mes cultures 8-51, 8-91, 13-13, 12-85. Seul, le magot a présenté une réaction intéressante :

Paupière supérieure du côté inoculé : granulations se généralisant au bout d'un mois, guérissant vers le 60e jour et laissant à leur place de petites plaques blanchâtres, d'aspect cicatriciel.

Souches du type B (deux Callitriches, deux *M. cynomolgus*, un *M. rhesus*). — Ces singes ont été inoculés respectivement avec les souches 20-14, 26-B3, 10-4, 19-18 et 17. Trois seulement ont présenté des réactions intéressantes.

Callitriche 1. — Après 10 jours, forte hyperémie de la conjonctive supérieure,

---

([1]) U. Lumbroso et H. Van Sant, *Nouvelles souches bactériennes isolées de trachomateux nord-africains en suivant la technique de Noguchi* (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1040).

([2]) Ch. Nicolle et U. Lumbroso, *Le* Bacterium granulosis *de Noguchi dans ses rapports avec l'étiologie du trachome* (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1173).

petit placard de granulations à l'angle interne. Au 20e jour, apparence de petites granulations généralisées. Au 30e jour, disparition. Au 60e jour, quelques tractus cicatriciels.

Callitriche 2. — Après 10 jours, deux grosses granulations gélatineuses à la paupière supérieure, un placard de granulations à l'inférieure. Au 20e jour, même état et, en outre, placard de granulations gélatineuses à la paupière inférieure de l'œil non inoculé. Au 30e jour, même état. Au 60e jour, même état et, en outre, placard de granulations à la paupière supérieure de l'œil non inoculé.

M. cynomolgus. — Après 10 jours, fort œdème des conjonctives et granulation, élevées, succulentes, du cul-de-sac supérieur. Au 20e jour, l'œdème est disparu, les granulations du cul-de-sac supérieur sont très grosses, confluentes; elles laissent sourdre, à la moindre pression, une substance gélatineuse, abondante. Quelques granulations dans le cul-de-sac inférieur. Larmoiement, ptosis. Au 40e jour, date du dernier examen, granulations moins grosses, œdème persistant.

Souches du type C (quatre *M. cynomolgus*). — Ces singes ont été inoculés avec des souches différentes: un seul a réagi.

M. cynomolgus (souche 9-14). Au 10e jour, œdème, ptosis, larmoiement. Au 20e jour, œdème disparu; conjonctives pâles, rugueuses, teinte jaune sale. Au 60e jour, cet aspect s'est accentué, la conjonctive est presque lardacée. (La souche 9-14 est, de celles du type C, la plus voisine du type B.)

Résumé et conclusions. — Seules, les inoculations de trois souches du type B (sur 5 de ce type) ont provoqué l'apparition de granulations chez les singes. Malgré l'absence des localisations tarsiennes, je suis porté à accorder à ces souches un pouvoir pathogène spécial vis-à-vis de la conjonctive. Néanmoins il me semble prudent de ne rien conclure encore, en raison de la fréquence des granulations naturelles chez les singes, l'observation la plus minutieuse pouvant en laisser échapper de petites au moment de l'examen de contrôle qui précède l'inoculation du virus.

La séance est levée à 15h50m.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'octobre 1931.

Florula Uruguayensis Plantac Vasculares, par Guillermo Herter. In *Estudios Botánicos en la Región Uruguaya*, vol. IV. Montevideo, 1930; 1 vol. 19^{cm}.

Fêtes du cinquième centenaire de l'Université de Louvain. Tongres, Imprimerie G. Michiels-Broeders, 1931; 1 vol. 26^{cm}.

Comptes rendus de l'Assemblée de Stockholm. 15-23 août 1930. In *Bulletin de l'Union géodésique et géophysique internationale*, n° 8. Section de magnétisme et électricité terrestre. Paris, les Presses univertaires de France, 1931; 1 vol. 25^{cm}.

Recherches sur la Tératologie des insectes : II. La descendance des monstres de phasmides, par P. Cappe de Baillon. Paris, Paul Lechevalier et fils, 1931; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. L. Bouvier.)

Description géométrique détaillée des Alpes françaises. Tome IV : *Massifs des Bauges et de la Grande-Chartreuse*, par M. Paul Helbronner Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1931; 1 vol. 33^{cm}.

American Geographical Society School of Surveying. Publication n° 4. *Complete* 60° *Star lists for Position Fixing by the Equal Altitude Method.* New York, 1930; 1 vol. $27^{cm},5 \times 29$. (Présenté par M. A. de Gramont.)

Leçons sur la géométrie projective complexe, par E. Cartan. In *Cahiers scientifiques*, fasc. 10. Paris. Gauthier-Villars et Cie, 1931; 1 vol. $25^{cm},3$.

Histoire générale de la Navigation du XVe *au* XXe *siècle*, par F. Marguet. Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1931; 1 vol. 26^{cm}.

Le genre inocybe, par Roger Heim. In *Encyclopédie mycologique.* Paris, Paul Lechevalier et fils, 1931; 1 vol. 25^{cm}. Présenté par M. L. Mangin.)

Collection de minéralogie. Guide du visiteur, par A. Lacroix. Paris, Masson et Cie, 1931; 1 vol. $25^{cm},5$.

Méthodes classiques d'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre, par M. N. Saltykow. In *Mémorial des Sciences mathématiques*, fasc. 50. Paris. Gauthier-Villars et Cie, 1931; 1 fasc. $25^{cm},5$.

T. S. F. et câble téléphonique. Théorie mathématique, par J.-B. Pomey. In *Cours d'électricité théorique* professé à l'École professionnelle supérieure des postes et télégraphes. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1931; 1 vol. $25^{cm},5$. (Présenté par M. L. Lecornu.)

Recherches théoriques sur le rendement et les conditions de réalisation des systèmes motopropulseurs à réaction, par Maurice Roy. In *Publications scientifiques*

et techniques du Ministère de l'Air. Service des recherches de l'Aéronautique, n° 1. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1930; 1 vol. 27^cm^,5.

Les colloïdes et l'état colloïdal, par A. BOUTARIC. Paris, Librairie Félix Alcan, 1931; 1 vol. 19^cm^. (Présenté par M. C. Matignon.)

IVe Congrès géologique international. XIVe Session. Publications faites sous la direction de M. J. MARCET RIBA.

— *Bibliographie générale.* Barcelone, 1931; 1 fasc. 25^cm^.

— *Géologie de la Méditerranée occidentale.* Barcelone, 1931; 2 vol. 26^cm^.

— *Géologie des pays catalans*, vol. I-III. Bacelone, 1931; 1 fasc. 26^cm^.

— *Géologie des chaînes bétique et subbétique*, vol. IV. Barcelone, 1931; 2 fasc. 26^cm^.

— *Géologie des chaînes nord-africaines*, vol. V. Barcelone, 1931; 1 fasc. 26^cm^.

Naturvetenskapens Matematiska Principer av Isaac Newton, par C. V. L. CHARLIER. Lund, C. W. K. Gleerups Förlag, 1931; vol. II et III, 26^cm^,5.

Le climat de l'Indochine et les typhons de la mer de Chine, par E. BRUZON et P. CARTON. Numéro spécial des *Annales du Service météorologique*. Hanoï, Imprimerie d'Extrême-Orient, 1930; 1 vol. 27^cm^,5.

L'industrie minérale en Indochine. Inspection générale des mines et de l'industrie de l'Indochine. Hanoï, Imprimerie d'Extrême-Orient, 1931; 1 fasc. 27^cm^,5.

La théorie des quanta. L'atome de Bohr. La mécanique analytique et les quanta. Les spectres de multiplets, par LÉON BRILLOUIN. Recueil des Conférences, rapports de documentation sur la Physique. Paris, les Presses universitaires de France, 1931; 1 vol. 24^cm^,5.

Traité de Chimie minérale. Air, eau, hydrogène, oxygène, ozone, eau oxygénée, halogènes, par MM. J. BARBAUDY, P. BAUD, A. CHRÉTIEN, A. DAMIENS, A. DANSETTE, J. GUÉRON, P. LAFFITTE, P. PASCAL, R. TREMBLOT. Paris, Masson et Cie, 1931; 1 vol. 26^cm^.

Cours de Physique professé à l'École Polytechnique, par CH. FABRY. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1932; 1 vol. 28^cm^.

ERRATA.

(Séance du 7 octobre 1929.)

Note de M. *E. Calvet*, Chaleurs d'hydrolyse des amides : Acétamide :

Page 532, ligne 1 du tableau, *au lieu de* Chaleur de dissolution d'une molécule gramme d'acétamide dans 200 H^2O : $+2,05$, *lire* $-2,05$.

(Séance du 20 avril 1931.)

Note de M. *Yank Kieh*, Sur la zone disloquée située au nord de la Chaîne de la Marche :

Page 970, dernière ligne de la note ([1]), *au lieu de* p. 464, *lire* p. 462.

(Séance du 31 août 1931.)

Note de M. *G. Kolossoff*, Sur une application des formules de M. Schwarz, de M. Villat et de M. Dini au problème plan d'élasticité :

Page 389, ligne 12, *au lieu de* sur le centre, *lire* sur le cercle.
Page 389, ligne 17, et page 390, lignes 15 et 17, *au lieu de* ia_0, *lire* a_0.
Page 389, ligne 19, et page 390, ligne 8, *au lieu de* ia_0, *lire* $\frac{ia_0 + a_0}{2}$.

(Séance du 9 novembre 1931.)

Note de M. *H. Vincent*, Sur une théorie de la constitution des anticorps :

Page 799, ligne 25, *au lieu de* $(TS)+S'+S''+S'''\ldots+$, *lire* $(TS)+S'+S''+S'''\ldots$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE DU LUNDI 23 NOVEMBRE 1931.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS DE LAUNAY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

IMMUNOLOGIE. — *Sur les propriétés immunigènes de la cryptotoxine diiodosalicylique*. Note de MM. **H. Vincent** et **L. Velluz**.

Dans une étude relative aux propriétés cryptotoxiques des acides halogénés ortho, méta et parasalicyliques, nous avons signalé le pouvoir particulièrement actif du diiodoorthosalicylate de sodium (1). Ce sel neutralise complètement, en quatre jours et à 39°, à la dose de $0^{mg},5$, 1^{cm^3} d'une toxine titrant 500 d. m. (2).

La toxine n'est pas détruite. On peut la révéler en abaissant au pH 4,7 le complexe cryptotoxique; dans ce cas, l'injection immédiate du produit est tétanigène. La cryptotoxine diiodosalicylée conserve, cependant, son action immunigène comme le font les toxines en union avec le salicylate de sodium, le benzoate de sodium et d'autres corps cristalloïdes (H. Vincent).

On peut vérifier ce pouvoir de la manière suivante. Dix cobayes, d'un poids moyen compris entre 400 et 500^g, reçoivent successivement, à une ou deux semaines d'intervalle, cinq injections de cryptotoxine diiodosalicylée, savoir 1^{cm^3} la première fois, ensuite 5^{cm^3} de toxine tétanique additionnée de

---

(1) H. Vincent, *C. R. Soc. Biol.*, 103, x, 1930, p. 747; H. Vincent et L. Velluz, *Sur les propriétés cryptotoxiques des acides oxybenzoïques halogénés* (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 648).

(2) On doit utiliser une toxine fraîchement préparée et une solution aqueuse extemporanée (1 pour 1000) de 3,5 diiodoorthosalicylate de sodium *pur* (exempt d'acide monoiodé et de diiodophénol).

diiodosalicylate de sodium dans la proportion de $0^g,5$ pour 1000 (1re, 2e et 3e injections), puis de $0^g,2$ pour 1000 (4e injection), enfin de $0^g,05$ pour 1000 (5e injection; celle-ci est fortement tétanigène pour le cobaye témoin).

Ces injections immunisantes sont réparties en une période de 46 jours. Dix jours après, les cobayes supportent impunément l'injection d'épreuve de 1^{cm^3} de toxine pure titrant 800 d. m. par centimètre cube. Après cette épreuve, on peut également leur injecter, sans incident, 2^{cm^3}, 5^{cm^3}, 10^{cm^3} de la même toxine pure et récente.

Sur une nouvelle série de cobayes, l'expérience a montré que la durée de l'immunisation peut être sensiblement abrégée. Après trois injections seulement de cryptotoxine (1^{cm^3} de toxine diiodosalicylée successivement à 1 pour 1000, et à 0,5 pour 1000) les cobayes ont pu recevoir, au 34e jour, l'injection d'épreuve de 50 d. m. de toxine pure, puis 250 d. m., 500 d. m., etc., de la même toxine sans production de tétanos, même très léger.

La même expérience a donné un résultat semblable chez le lapin. Dans l'une des séries, quatre lapins ayant reçu en 44 jours six injections sous-cutanées de cryptotoxine diiodosalicylique (1), n'ont présenté, à aucun moment, de symptôme de tétanos après avoir reçu, en 9 jours, 35^{cm^3} (5^{cm^3}, 10^{cm^3} et 20^{cm^3}) de toxine tétanique.

En conséquence, la cryptotoxine diiodosalicylique est capable de conférer rapidement une immunité très forte contre la toxine tétanique pure, à un animal pourtant très sensible tel que le cobaye.

A l'exemple des autres corps cryptotoxiques non colloïdaux qui ont été précédemment étudiés, le diiodosalicylate de sodium possède donc, mais à un degré plus élevé encore, lorsqu'il est mis en contact avec une toxine, le pouvoir de convertir celle-ci en cryptotoxine.

1° Il neutralise la toxine tétanique.

2° La toxine tétanique est, dans ce nouvel état, dissimulée mais non détruite.

3° Enfin le complexe ainsi formé, bien que non toxique, a conservé sa propriété antigène et immunise rapidement les animaux.

Dans les recherches qui précèdent, la constatation uniforme qu'aucun des animaux ainsi protégés n'a accusé le plus léger symptôme de tétanos, même

(1) A ce moment le sérum du lapin neutralise au $\frac{1}{300}$ de centimètre cube 50 d. m. de toxine pure.

très fugace, démontre évidemment que la neutralisation de la toxine est réalisée intégralement aux doses respectives d'antigène et d'anticorps chimique utilisés. La forte immunité conférée par les injections de cryptotoxine n'est donc pas due à un excès, aussi faible qu'il soit, de toxine tétanique libre.

ALGOLOGIE. — *Sur la troisième sorte d'organes pluriloculaires de l'*Ectocarpus secundus *Kütz*. Note de M. C. **Sauvageau**.

J'ai montré en 1896 [1] que les organes pluriloculaires découverts par Thuret et Bornet en 1878 chez l'*Ectocarpus secundus*, et dont ces auteurs soupçonnaient la nature sexuée, sont bien en effet les uns des anthéridies, les autres des oogones. Ils ont la même forme, les mêmes dimensions et la même situation sur la plante, qui est monoïque. Les anthéridies dissolvent complètement leurs cloisons avant la déhiscence; ce sont alors des sacs renfermant des éléments motiles comparables aux anthérozoïdes des *Fucus* et des *Cutleria*. Les oogones renferment de grosses oosphères, de motilité bien moindre, comparables à celles des *Cutleria*, possédant chacune 5 à 10 chromatophores discoïdes. J'ai observé maintes fois la fécondation.

En même temps je signalais une curieuse répartition de ces organes. L'*Ect. secundus* vit sur le *Saccorhiza bulbosa* où sa base pénètre dans les cryptes pilifères. Or, au début de juillet (sur la côte basque), les anthéridies sont aussi abondantes, parfois même plus abondantes que les oogones. La fécondation s'obtient alors aisément et les oosphères fécondées germent facilement, tandis que la plupart des oosphères non fécondées se détruisent. Durant les mois de juillet et d'août, les oogones restent aussi nombreux; au contraire, les anthéridies diminuent graduellement de nombre, deviennent rares et, à la fin d'août, elles ont presque complètement disparu; la désorganisation des oosphères devient alors exceptionnelle; elles germent par parthénogénèse, autrement dit, elles se comportent comme des mégaspores. Les circonstances ne me permettaient pas alors de conserver ces germinations plus de quelques jours et nous ignorons comment l'*Ect. secundus* se perpétue pendant la saison où son support disparaît.

Or, le 16 septembre dernier, dans l'intention de suivre plus longtemps

---

(1) *Comptes rendus*, 123, 1896, p. 360, et *Observations relatives à la sexualité des Phéosporées* (Extrait du *Journal de Botanique*, 10, Paris, 1896, p. 11).

ces germinations parthénogénétiques, j'ai récolté à Guéthary des *Saccorhiza* portant, entre autres épiphytes, de nombreux *Ect. secundus*. Tous ceux que j'ai examinés étaient encore fertiles; ils ne montraient plus d'anthéridies, comme on pouvait s'y attendre, mais les oogones étaient remplacés par d'autres organes pluriloculaires aussi foncés, aussi ventrus, de même forme et de même situation qu'eux, si bien que, sous le microscope à dissection, on pouvait les prendre pour eux. Toutefois, un examen plus précis les montrait cloisonnés en logettes plus petites. Au lieu de donner de grosses oosphères ayant cinq à dix chromatophores, ils fournissaient des zoospores plus petites, pourvues d'un chromatophore unique, sans attraction entre elles, et qui, en passant à l'état d'embryospores arrondies mesuraient 6 à 8$^{\mu}$ seulement. Les oogones ou mégasporanges étaient donc remplacés par des méiosporanges.

Des exemplaires récoltés le 16 octobre étaient identiques à ceux du 16 septembre. En novembre, le *Saccorhiza* était inabordable à cause de l'état de la mer, mais des individus rejetés à la côte le 10 novembre portaient aussi des *Ect. secundus* garnis de méiosporanges. Les cultures que j'ai entreprises nous renseigneront, je l'espère, sur le sort de l'*Ect. secundus* pendant la saison froide.

L'existence jusqu'à présent insoupçonnée d'une troisième sorte d'organes pluriloculaires chez cette plante sexuée apportera un peu de lumière sur l'interprétation de ce que nous savons de certains autres *Ectocarpus*. Ainsi, l'*Ect. Padinæ* possède des anthéridies, des méiosporanges et des mégasporanges, mais la fécondation n'y ayant pas encore été observée, rien n'indiquait lesquels de ces deux derniers étaient des oogones possibles. On dira maintenant que ses mégasporanges sont des oogones. La différence sous ce rapport entre l'*Ect. Padinæ* et l'*Ect. secundus* est que, chez le premier, les oogones et les méiosporanges sont souvent simultanés, tandis qu'ils apparaissent successivement chez le second. De même, l'*Ect. virescens* possède des méiosporanges et des mégasporanges; on n'y connaît point d'autres organes reproducteurs. On dira que ses mégasporanges pourraient être des oogones, comme chez l'*Ect. secundus*, et ses méiosporanges de vrais sporanges; si les anthéridies existaient autrefois, elles ont disparu.

M. G. **Urbain** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *Union internationale de Chimie. Table internationale de poids atomiques. Premier Rapport de la Commission des poids atomiques*. 1931.

M. G. **Urbain** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *Centenaire Paul Schutzenberger* 1929. *Fondation Schutzenberger. Société de Bourses et Recherches scientifiques chimiques*.

M. **M. d'Ocagne** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Wladimir Margoulis, dont il a écrit la *Préface*. Cet Ouvrage, intitulé *Les Abaques à transparent orienté ou tournant*, comprend deux parties; la première où M. Margoulis reprend, à un nouveau point de vue, la théorie générale de la représentation plane des équations, particulièrement en vue de l'étude des abaques à transparent orienté ou tournant, dans laquelle il s'est depuis longtemps spécialisé; la seconde partie comprend un ensemble d'applications du plus haut intérêt à diverses importantes techniques : les turbo-machines à hélices; la mécanique de l'avion; les groupes vaporisateurs. Ce travail a servi de thèse à l'auteur pour l'obtention du titre de docteur de l'Université de Paris; c'est la première fois que la nomographie fournit un sujet de thèse de doctorat.

M. **René Maire** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé *Les progrès des connaissances botaniques en Algérie depuis* 1830.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Notes, Lettres et Discours d'*Ernest Solvay. I. *Gravifique et Physiologie;* II. *Politique et Science sociale*.

2° *Tables annuelles de Constantes et Données numériques de Chimie, de Physique, de Biologie et de Technologie*. Secrétaire général : Ch. Marie. Volume VIII. Année 1927-1928. Première partie.

3° *Les états de Syrie. Richesses marines et fluviales. Exploitation actuelle. Avenir*, par A. Gruvel. (Présenté par M. L. Mangin.)

ALGÈBRE. — *Sur la limite supérieure des modules des zéros des polynomes.* Note de M. **Paul Montel**.

1. Considérons le polynome

$$P(x) = x^n + a_1 x^{n-1} + \ldots + a_n;$$

le problème de la détermination du module maximum des zéros de ce polynome peut être énoncé ainsi : le point $(a_1, a_2, \ldots, a_n)$ parcourant un domaine de l'espace à $2n$ dimensions, trouver le rayon ρ du plus petit cercle du plan des x ayant son centre à l'origine et contenant tous les zéros des polynomes correspondants.

Plaçons-nous dans le cas où le point P, de coordonnées réelles et non négatives, $|a_1|, |a_2|, \ldots, |a_n|$ se déplace dans une région de l'espace à n dimensions. Lorsque ce domaine est le cube (D) défini par les inégalités

$$|a_i| \leqq N \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

on sait que ρ est inférieur à $1 + N$.

Supposons que P soit situé dans le domaine (D_m) défini par l'inégalité

$$|a_1|^m + |a_2|^m + \ldots + |a_n|^m \leqq N^m, \qquad (m > 1),$$

on a alors

$$\rho < \left[1 + N^{\frac{m}{m-1}}\right]^{\frac{m-1}{m}}.$$

Lorsque m est compris entre 1 et 2, on peut prendre comme limite supérieure la valeur

$$(1 + N^m)^{\frac{1}{m}}.$$

Par conséquent, le nombre

$$\sqrt[m]{1 + |a_1|^m + \ldots + |a_n|^m} \qquad (1 < m \leqq 2)$$

est une limite supérieure du module des zéros d'un polynome.

Lorsque m croît indéfiniment le domaine (D_m) vient se confondre avec (D) et la limite devient l'expression classique : $1 + \max |a_i|$.

En faisant tendre m vers l'unité, on voit que : *on peut prendre comme limite supérieure des modules des zéros de* $P(x)$ *le nombre*

$$|a_1| + \ldots + |a_n|,$$

si cette somme est supérieure à un et la valeur un lorsque l'on a

$$|a_1| + \ldots + |a_n| \leqq 1.$$

2. Désignons par $A_0, A_1, \ldots, A_n, A_{n+1}$ les points d'affixes $1, a_1, \ldots, a_n, 0$ et par L la longueur de la ligne brisée obtenue en joignant deux points consécutifs :

Les modules des zéros sont inférieurs à L.

Lorsque $L = 1$, la ligne brisée se réduit au segment rectiligne (0, 1) et l'on retrouve au théorème dû à M. Kakeya : si les nombres a_i sont réels, positifs, croissants avec i et inférieurs à *un*, les modules des zéros sont inférieurs à *un*.

Si les points A_i sont placés dans l'ordre naturel sur un arc de courbe de longueur l joignant les points 0 et 1, les zéros ont leurs modules inférieurs à l, quelles que soient les positions des points.

3. Donnons-nous une suite infinie de nombres positifs :

$$c_1, c_2, \ldots, c_n, \ldots$$

et considérons les polynomes $P(x)$ pour lesquels $|a_i| \leqq c_i$.

La condition nécessaire et suffisante pour que les zéros de ces polynomes aient des modules bornés est que l'expression

$$\overline{\lim_{n=\infty}} \sqrt[n]{c_n}$$

ait une valeur finie. La limite supérieure est alors l'inverse de la racine positive de l'équation

$$\sum_{n=1}^{\infty} c_n x^n = 1.$$

Pour $c_n = N$, on retrouve le résultat classique.

Supposons que les nombres c_i dépendent du degré de $P(x)$, c'est-à-dire que ce polynome admette un polynome majorant $\Pi_n(x)$ à coefficients positifs ne dépendant que du degré n de $P(x)$. Désignons par $Q_n(x)$ le polynome

$$x^n \Pi_n\left(\frac{1}{x}\right) - 1.$$

Soit alors un ensemble quelconque (E) de polynomes $P(x)$.

La condition nécessaire et suffisante pour que les zéros des polynomes $P(x)$ *appartenant à l'ensemble* (E) *aient leurs modules bornés est que la famille des polynomes* $Q_n(x)$ *soit normale autour de l'origine.*

Supposons maintenant que le coefficient de x^n dans $P(x)$ puisse prendre différentes valeurs; soit

$$P(x) = \alpha x^n + a_1 x^{n-1} + \ldots + a_n$$

et

$$Q(x) = x^n P\left(\frac{1}{x}\right) - \alpha = a_1 x + a_2 x^2 + \ldots + a_n x^n.$$

Désignons par (E_α) un ensemble de polynomes correspondant au même coefficient α :

La condition nécessaire et suffisante pour que les zéros des polynomes $P(x)$ *appartenant à l'un ou à l'autre des ensembles* (E_{α_1}) *et* (E_{α_2}) *aient leurs modules bornés est que la famille des polynomes* $Q(x)$ *soit normale autour de l'origine. Dans ce cas les modules des zéros sont bornés pour toute valeur de* α.

ANALYSIS SITUS. — *Sur la théorie de la dimension.*

Note [1] de M. **Eduard Čech**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Dans cette Note j'appelle *espace* un espace topologique R possédant les deux propriétés ci-après [2] : 1° si F_1, F_2 sont deux sous-ensembles *fermés* de R sans point commun, il existe deux sous-ensembles *ouverts* de R sans point commun contenant respectivement F_1 et F_2; 2° chaque sous-ensemble ouvert de R est une somme d'une infinité dénombrable de sous-ensembles fermés de R. Chaque sous-ensemble d'un espace est un espace. Chaque espace *distancié* (metrischer Raum) constitue un cas particulier de nos espaces.

2. $\dim R = -1$ si $R = 0$ et réciproquement. $\dim R \leqq n$ signifie que, A étant un sous-ensemble fermé de R et U un sous-ensemble ouvert de R coutenant A, il existe un sous-ensemble ouvert V de R contenant A, contenu dans U et tel que $\dim H \leqq n - 1$, où H est la frontière de V. On sait que pour les espaces *séparables* cette définition de la dimension coïncide avec celle de Menger-Urysohn [3]. Or j'ai démontré les trois théorèmes ci-après, qui ne l'étaient jusqu'à présent que pour les espaces séparables.

3. S étant un sous-ensemble arbitraire de R, on a $\dim S \leqq \dim R$ [4].

4. Lorsque $R = \sum_{i=1}^{\infty} S_i$, les ensembles S_i étant fermés dans R, si $\dim S_i \leqq n$ pour chaque i, on a aussi $\dim R \leqq n$ [5].

---

[1] Séance du 16 novembre 1931.

[2] P. Urysohn, *Math. Annalen*, 94, 1925, p. 286, note [41] au bas de la page.

[3] K. Menger, *Dimensionstheorie*, Leipzig-Berlin, Teubner, 1928, p. 116.

[4] Menger, *loc. cit.*, p. 8?.

[5] Menger, *loc. cit.*, p. 92.

5. Soit $R = \sum_{\nu=1}^{m} U_\nu$, les U_ν étant ouverts dans R; soit dim $R = n$. Il existe des sous-ensembles ouverts V_i de R en nombre fini tels que : 1° $R = \Sigma \overline{V}_i$, où $\overline{V}_i$ est la fermeture de V_i; 2° chaque $\overline{V}_i$ fait partie d'un U_ν; 3° pour $2 \leqq \mu \leqq n+2$, si S_μ désigne l'ensemble de tous les points de R appartenant à μ au moins des ensembles $\overline{V}_i$, on a dim $S_\mu \leqq n - r + 1$ (¹).

6. Les démonstrations seront publiées dans un autre Recueil.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le minimum du rapport de certaines intégrales.* Note (²) de M. **Maurice Janet.**

1. J'ai déterminé (³) le minimum du rapport

$$\frac{\int_{-1}^{+1} \left(\frac{d^n y}{dx^n}\right)^2 dx}{\int_{-1}^{+1} \left(\frac{d^{n-1} y}{dx^{n-1}}\right)^2 dx},$$

lorsque y est assujettie à s'annuler ainsi que ses $n-1$ premières dérivées aux extrémités de l'intervalle $(-1, +1)$. Le résultat trouvé peut s'énoncer sous une forme très simple : le minimum en question est égal au plus petit zéro de *la dérivée d'ordre* $n-1$ de

$$\cos\sqrt{\lambda}.$$

2. Le minimum (cf. G. Cimmino, *Bollettino della unione matematica italiana*, 8, p. 225, et M. Janet, *Bull. des Sc. math.*, 2ᵉ série, 55, 1931) du rapport

$$\frac{\int_{-1}^{+1} \left(\frac{d^n y}{dx^n}\right)^2 dx}{\int_{-1}^{+1} \left(\frac{d^{n-p} y}{dx^{n-p}}\right)^2 dx} \qquad (n \geqq p \geqq 1),$$

lorsque y est assujettie à s'annuler ainsi que ses $n-1$ premières dérivées aux extrémités de l'intervalle $(-1, +1)$, est égal à la puissance $2p$ du plus petit zéro positif du déterminant

$$A_k(x) \quad j^{-2k} A_k(jx) \quad j^{-4k} A_k(j^2 x) \quad \ldots \quad j^{-2(p-1)k} A_k(j^{p-1} x) \;\|$$
$$(k = n-2p,\ n-2p+1,\ \ldots,\ n-p-1).$$

(¹) Menger, *loc. cit.*, p. 156.
(²) Séance du 16 novembre 1931.
(³) *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 32.

où l'on a posé [1] :

$$A_{-1}(x)=\frac{\cos x}{x},\qquad A_0(x)=\sin x,$$
$$A_{h+1}(x)=(2h+1)A_h(x)-x^2A_{h-1}(x),$$
$$j=e^{\frac{i\pi}{p}}.$$

Par exemple, le minimum de

$$\frac{\int_{-1}^{+1}y''^2\,dx}{\int_{-1}^{+1}y^2\,dx},\quad\text{ou}\quad\frac{\int_{-1}^{+1}y'''^2\,dx}{\int_{-1}^{+1}y'^2\,dx},\quad\text{ou}\quad\frac{\int_{-1}^{+1}(y^{(4)})^2\,dx}{\int_{-1}^{+1}y''^2\,dx}$$

quand y, y', ou y, y', y'', ou y, y', y'', y''' sont assujetties à s'annuler aux extrémités de l'intervalle $(-1,+1)$ est égal à la puissance quatrième de la plus petite racine positive de l'équation

$$\operatorname{tang}x+\operatorname{tangh}x=0,\qquad\text{ou}\qquad\operatorname{tang}x-\operatorname{tangh}x=0,\qquad\text{ou}\qquad\cot x+\coth x=\frac{2}{x}.$$

3. On peut remarquer qu'en obtenant l'expression précise du minimum de $\dfrac{\int_{-1}^{+1}(y^{(n)})^2\,dx}{\int_{-1}^{+1}y^2\,dx}$ dans les conditions indiquées, on a obtenu par cela même celle du minimum *dans les mêmes conditions* (en supposant seulement en plus l'existence et la continuité des dérivées d'ordre $n+1$, $n+2$, $\ldots$, $2n$) de $\dfrac{\int_{-1}^{+1}(y^{(2n)})^2\,dx}{\int_{-1}^{+1}(y^{(n)})^2\,dx}$, car on sait que ces deux minima sont égaux.

Par exemple, quand y, y', y'' sont assujetties à s'annuler aux extrémités de l'intervalle $(-1,+1)$, le minimum de $\dfrac{\int_{-1}^{+1}[y^{(6)}]^2\,dx}{\int_{-1}^{+1}y'''^2\,dx}$ est égal, comme celui de $\dfrac{\int_{-1}^{+1}y'''^2\,dx}{\int_{-1}^{+1}y^2\,dx}$, à π^6.

[1] Cf. HERMITE, *Œuvres*, 3, p. 135.

4. Les résultats donnés précisent la relation des valeurs singulières du paramètre λ, correspondant à l'équation différentielle

$$y^{(2n)} - (-1)^p \lambda y^{(2n-2p)} = 0$$

et aux conditions aux limites $y = y' = y'' = \ldots = y^{(n-1)}$ pour $x = -1$ et $x = +1$, lorsque $n > p$, avec celles qui correspondent au cas $n = p$.

En ce qui concerne les équations à plusieurs variables indépendantes, je me borne au cas le plus simple :

Les valeurs singulières de λ pour lesquelles l'équation [1]

$$\Delta^n u + \lambda \Delta^{n-1} u = 0$$

a une solution non identiquement nulle, régulière ainsi que ses dérivées jusqu'à l'ordre $2n$ à l'intérieur du cercle de rayon 1, ne dépendant que de la distance au centre et s'annulant sur la circonférence ainsi que ses dérivées normales jusqu'à l'ordre $n-1$, sont les zéros *de la dérivée d'ordre* $n-1$ de la fonction de Fourier-Bessel

$$J_0(\sqrt{\lambda}).$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *La décomposition de la matrice intégrale normale d'un système d'équations différentielles linéaires et la construction de la matrice primitive.* Note [2] de M. **J. A. Lappo-Danilevski**, présentée par M. Hadamard.

Nous avons construit [3] la matrice intégrale $Y_b(x)$ d'un système

$$\frac{dY}{dx} = Y \sum_{p=-s}^{\infty} T_p x^p, \tag{1}$$

qui se réduit à I pour $x = b$

$$Y_b(x) = I + \sum_{\nu=0}^{\infty} \sum_{p_1,\ldots,p_\nu=-s}^{\infty} T_{p_1} \ldots T_{p_\nu} \sum_{\mu=0}^{\nu} b^{p_1+\ldots+p_\mu} x^{p_{\mu+1}+\ldots+p_\nu+\nu-\mu} \times \sum_{\lambda=0}^{\mu} \overset{*}{\alpha}{}^{(\lambda)}_{p_1\ldots p_\mu} \log^\lambda b \sum_{\iota=0}^{\nu-\mu} \alpha^{(\iota)}_{p_{\mu+1}\ldots p_\nu} \log^\iota x. \tag{2}$$

---

(1) $\Delta \equiv \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$; Δ^n indique que l'opération Δ a été effectuée n fois.

(2) Séance du 3 novembre 1931.

(3) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 820.

Le théorème suivant caractérise la ramification de cette matrice au point $x=0$. Nous supposerons dans la suite que b et x appartiennent au domaine $0<|b|$ et $|x|<1$ et $\alpha^{(0)}_{p_1\ldots p_\nu}=0$ pour $p_1+\ldots+p_\nu+\nu=0$:

Théorème IV. — *La matrice* $Y_b(x)$ *peut être mise sous la forme*

$$Y_b(x)=\left(\frac{x}{b}\right)^{W(b)}\overline{Y}_b(x)=\left(\frac{x}{b}\right)^{W(b)}\sum_{p,q=-\infty}^{+\infty}B_{pq}b^p x^q, \tag{3}$$

et dans le domaine

$$\sum_{p=-\infty}^{+\infty}|T_p|\leqq\|\rho\|, \tag{4}$$

pour ρ — *assez petit,* $Y_b(x)$, B_{pq}, $\left(\frac{x}{b}\right)^{W(b)}$ *et* $W(b)$ *sont fonctions également holomorphes des matrices* T_p.

Nous avons, entre autres, les formules suivantes :

$$W(b)=\frac{1}{2\pi i}\log V(b)=\frac{1}{2\pi i}\sum_{\nu=1}^{\infty}\frac{(-1)}{\nu}[V(b)-I]^\nu;$$

$$\overline{Y}_b(x)=I+\sum_{\nu=1}^{\infty}\sum_{p_1,\ldots,p_\nu=-s}^{\infty}T_{p_1}\ldots T_{p_\nu}\sum_{\mu=0}^{\nu}b^{p_1+\ldots+p_\mu+\mu}x^{p_{\mu+1}+\ldots+p_\nu+\nu-\mu}\overset{*}{\alpha}{}^{(0)}_{p_1\ldots p_\mu}\alpha^{(0)}_{p_{\mu+1}\ldots p_\nu};$$

$$B_{00}=I;\qquad B_{pq}=\sum_{\nu=2}^{\infty}\sum_{p_1,\ldots,p_\nu=-s}^{\infty}T_{p_1}\ldots T_{p_\nu}\sum_{\mu=1}^{\nu-1}\beta^{(p)}_{p_1+\ldots+p_\mu+\mu}\beta^{(q)}_{p_{\mu+1}+\ldots+\nu-\mu}\overset{*}{\alpha}{}^{(0)}_{p_1\ldots p_\mu}\alpha^{(0)}_{p_{\mu+1}\ldots p_\nu}$$

$$(p \text{ et } q\neq 0),$$

où $\beta^{(q)}_p=0$ pour $p\neq q$ et $\beta^{(q)}_p=1$ pour $p=q$.

La matrice $Y_b(x)$ dépendante de b n'est pas la matrice intégrale la plus simple du système (1). Remarquons qu'on peut décomposer la série (2) en deux facteurs :

$$\left[I+\sum_{\nu=1}^{\infty}\sum_{p_1,\ldots,p_\nu=-s}^{\infty}T_{p_1}\ldots T_{p_\nu}b^{p_1+\ldots+p_\nu+\nu}\sum_{\mu=0}^{\nu}\overset{*}{\alpha}{}^{(\mu)}_{p_1\ldots p_\nu}\log^\mu b\right]$$
$$\times\left[I+\sum_{\nu=1}^{\infty}\sum_{p_1,\ldots,p_\nu=-s}^{\infty}T_{p_1}\ldots T_{p_\nu}x^{p_1+\ldots+p_\nu+\nu}\sum_{\mu=0}^{\nu}\alpha^{(\mu)}_{p_1\ldots p_\nu}\log^\mu x\right].$$

Cela conduit à la définition de la « matrice intégrale primitive » $Z(a)$.

Théorème V. — *Dans un domaine* (4) *les matrices* $Z(x)$ *et* $Z^{-1}(x)$ *sont*

fonctions également holomorphes des matrices T_p

$$Z(x) = I + \sum_{\nu=1}^{\infty} \sum_{p_1,\ldots,p_\nu=-s}^{\infty} T_{p_1}\ldots T_{p_\nu} x^{p_1+\ldots+p_\nu+\nu} \sum_{\mu=0}^{\nu} \alpha_{p_1\ldots p_\nu}^{(\mu)} \log^{\mu} x,$$

$$Z(x)^{-1} = I + \sum_{\nu=1}^{\infty} \sum_{p_1,\ldots,p_\nu=-s}^{\infty} x^{p_1+\ldots+p_\nu+\nu} \sum_{\mu=0}^{\nu} \overset{*}{\alpha}{}_{p_1\ldots p_\nu}^{(\mu)} \log^{\mu} x,$$

Pour cette matrice primitive a lieu le théorème analogue au théorème IV.

Théorème VI. — *La matrice* $Z(x)$ *peut être mise sous la forme*

$$Z(x) = x^{H}\overline{Z}(x) = x^{H} \sum_{p=-\infty}^{+\infty} A_p x^p$$

et, dans le domaine (4), $\overline{Z}(x)$, A_p, x^H, H *et la matrice intégrale* G *de la matrice* $Z(x)$ *sont des fonctions également holomorphes des matrices* T_p

Nous avons, entre autres, les formules suivantes :

$$\overline{Z}(x) = I + \sum_{\nu=1}^{\infty} \sum_{p_1,\ldots,p_\nu=-s}^{\infty} T_{p_1}\ldots T_{p_\nu} x^{p_1+\ldots+p_\nu+\nu} \alpha_{p_1\ldots p_\nu}^{(0)},$$

$$\overline{Z}(x)^{-1} = I + \sum_{\nu=1}^{\infty} \sum_{p_1,\ldots,p_\nu=-s}^{\infty} T_{p_1}\ldots T_{p_\nu} x^{p_1+\ldots+p_\nu+\nu} \overset{*}{\alpha}{}_{p_1\ldots p_\nu}^{(0)},$$

$$A_0 = I; \quad A_p = \sum_{\nu=1}^{\infty} \sum_{p_1,\ldots,p_\nu=-s}^{\infty} T_{p_1}\ldots T_{p_\nu} \beta_{p_1+\ldots+p_\nu+\nu}^{p} \alpha_{p_1\ldots p_\nu}^{(0)} \qquad (p \neq 0),$$

$$x^{H} = I + \sum_{\nu=1}^{\infty} \sum_{p_1,\ldots,p_\nu=-s}^{\infty} T_{p_1}\ldots T_{p_\nu} \beta_{p_1+\ldots+p_\nu+\nu}^{0} \sum_{\mu=0}^{\nu} \alpha_{p_1\ldots p_\nu}^{(\mu)} \log^{\mu} x,$$

$$\frac{1}{k!} H^k = \sum_{\nu=1}^{\infty} \sum_{p_1,\ldots,p_\nu=-s}^{\infty} T_{p_1}\ldots T_{p_\nu} \beta_{p_1+\ldots+p_\nu+\nu}^{0} \alpha_{p_1\ldots p_\nu}^{(k)} \qquad (k = 1, 2, \ldots),$$

$$G^k = I + \sum_{\nu=1}^{\infty} \sum_{p_1,\ldots,p_\nu=-s}^{\infty} T_{p_1}\ldots T_{p_\nu} \beta_{p_1+\ldots+p_\nu+\nu}^{0} \sum_{\mu=0}^{\nu} \alpha_{p_1\ldots p_\nu}^{(\mu)} (2k\pi i)^{\mu} \quad (k = \pm 1, \pm 2, \ldots).$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques équations aux dérivées partielles.* Note (¹) de M. **Jacques Devisme**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soient M un point fixe de coordonnées $u_1, \ldots, u_r$, S une surface de l'espace à r dimensions, P un point variable de la surface, de coordonnées

(¹) Séance du 16 novembre 1931.

$\alpha_1, \ldots, \alpha_r$, $\mu(\alpha_1, \ldots, \alpha_r)$ une fonction de ces coordonnées; considérons la fonction

$$U(u_1, \ldots, u_r) = \int_S \left[\prod_{i=1}^{r}(u_i - \alpha_i)\right]^n \mu\, d\sigma,$$

on voit facilement que

$$\frac{\partial^j U}{\partial u_1 \ldots \partial u_j} = n^j \int_S \prod_{i=j+1}^{r}(u_i - \alpha_i)\left[\prod_{i=1}^{r}(u_i - \alpha_i)\right]^{n-1} \mu\, \partial\sigma \qquad (j = 1, \ldots, r).$$

2. Nous allons étudier deux cas simples de surfaces S pour lesquelles la fonction U vérifie une équation aux dérivées partielles de forme simple par rapport aux variables $u_1, \ldots, u_r$.

a. Supposons que S soit l'hyperplan passant par l'origine, d'équation

$$\sum_{i=1}^{r} \lambda_i \alpha_i = 0;$$

on est très facilement conduit, en éliminant les α_i, à l'équation aux dérivées partielles ([1])

$$\Delta_r U = \frac{n}{\sum_{i=1}^{r} \lambda_i u_i} \sum_{i=1}^{r} \lambda_i \frac{\partial^{r-1} U}{\partial u_1\, \partial u_2 \ldots \partial u_{i-1}\, \partial u_{i+1} \ldots \partial u_r}.$$

Avec les notations de M. P. Humbert on a dans le cas $r = 3$, le plan considéré étant alors le plan d'équation $a = 0$,

$$(1) \qquad \Delta_3 U = \frac{3n}{x}\left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial y\, \partial z}\right).$$

b. Supposons maintenant que la surface S soit la surface d'équation

$$\prod_{i=1}^{r} \alpha_i = 1.$$

En éliminant encore les α_i on est conduit à l'équation aux dérivées par-

---

([1]) Nous reprenons les notations de notre précédente Note (*Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 825).

tielles

$$E_r \equiv [u_1 u_2 \ldots u_r - 1]\Delta_r U - n\sum_i u_1 \ldots u_{i-1} u_{i+1} \ldots u_r \frac{\partial^{r-1} U}{\partial u_1 \ldots \partial u_{i-1} \partial u_{i+1} \ldots \partial u_r}$$

$$+ n^2 \sum_{i,j} u_1 \ldots u_{i-1} u_{i+1} \ldots u_{j-1} u_{j+1} \ldots u_r \frac{\partial^{r-1}}{\partial u_1 \ldots \partial u_{i-1} \partial u_{i+1} \ldots \partial u_{j-1} \partial u_{j+1} \ldots \partial u_r}$$

$$+ \ldots + (-n)^{r-1} \sum_i u_i \frac{\partial U}{\partial u_i} + (-n)^r U = 0.$$

Avec les notations de M. P. Humbert on a dans le cas $r = 3$,

$$E_3 \equiv [x^3 + y^3 + z^3 - 3xyz - 1]\Delta_3 U$$
$$- 9n \mathbf{S}(x^2 - yz)\left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial y \, \partial z}\right) + 27n^2 \mathbf{S}\, x \frac{\partial U}{\partial x} - 27n^3 U = 0.$$

3. Donnons maintenant quelques intégrales de l'équation aux dérivées partielles E_r dans le cas $r = 3$ (la généralisation est du reste aisée et nous évitons ainsi les notations par trop compliquées).

Une transformation simple permet d'abord d'écrire l'équation sous la forme condensée

$$\Delta_3\left[\frac{U}{p^n}\right] = \frac{\Delta_3 U}{p^{n+1}}.$$

On en déduit les intégrales

$$U = [f(u) + f_1(v)]\, u^n v^n + [g(v) + g_1(w)]\, v^n w^n + [h(w) + h_1(u)]\, w^n u^n,$$
$$U = [f(u) + f_1(v)]\, w^n + [g(v) + g_1(w)]\, u^n + [h(w) + h_1(u)]\, v^n,$$

où $f(u)$, $f_1(v)$, $g(v)$, $g_1(w)$, $h(w)$, $h_1(u)$ sont six fonctions arbitraires.

Cherchons maintenant les intégrales qui ne dépendent que du produit

$$p = uvw.$$

En posant $U = F(p)$ on est conduit à l'équation hypergéométrique du troisième ordre

$$p^2(1-p)\frac{d^3 F}{dp^3} + [3 - 3(n-1)p]\,p\frac{d^2 F}{dp^2} + [1 - (1 - 3n + 3n^2)\,p]\frac{dF}{dp} - n^3 F = 0.$$

Faisons enfin le changement de variables

$$u = e^{\rho+\theta+\varphi}, \qquad v = e^{\rho+j\theta+j^2\varphi}, \qquad w = e^{\rho+j^2\theta+j\varphi},$$

ou ce qui revient au même $P(\theta, \varphi)$, $Q(\theta, \varphi)$, $R(\theta, \varphi)$ étant les fonctions d'Appell

$$x = e^{\rho} P(\theta, \varphi), \qquad y = e^{\rho} Q(\theta, \varphi), \qquad z = e^{\rho} R(\theta, \varphi).$$

On trouve l'équation

$$(e^{3\rho}-1)\left(\frac{\partial^3 U}{\partial\rho^3}+\frac{\partial^3 U}{\partial\theta^3}+\frac{\partial^3 U}{\partial\varphi^3}-\frac{3\,\partial^3 U}{\partial\rho\,\partial\theta\,\partial\varphi}\right)-\frac{n}{3}\left(\frac{\partial^2 U}{\partial\rho^2}-\frac{\partial^2 U}{\partial\theta\,\partial\varphi}\right)+n^2\frac{\partial U}{\partial\rho}-n^3 U=0.$$

En cherchant des solutions de la forme $U=V(\rho)P(\lambda\theta,\mu\varphi)$ on est conduit en posant $e^{3\rho}=t$ et en astreignant λ, μ à vérifier la relation

$$n^3-\frac{\lambda\mu}{3}n+(\lambda^3+\mu^3)=0,$$

à l'équation hypergéométrique

$$t^2(1-t)\frac{d^2V}{dt^2}+\left(3+\frac{n}{9}-3t\right)t\frac{dV}{dt}+\left[1-\frac{\lambda\mu}{3}+\frac{n-n^2}{9}-\left(1-\frac{\lambda\mu}{3}\right)t\right]\frac{dV}{dt}$$
$$-(\lambda^3+\mu^3)V=0.$$

4. Nous présenterons pour terminer deux remarques :

a. Quelle que soit la surface S considérée, la fonction

$$\iint_S \operatorname{Log}[(x-a)^3+(y-b)^3+(z-c)^3-3(x-a)(y-b)(z-c)]\,\mu\,d\sigma$$

est intégrale de l'équation (1).

b. Des calculs qui précèdent résulte que l'équation

$$\Delta_3[p^n U]=p^{n+1}\Delta_3 U$$

admet l'intégrale

$$U=\frac{1}{p^n}\iint_S[(1-\alpha u)(1-\beta v)(1-\gamma w)]^n\,d\sigma,$$

où $\alpha\beta\gamma=1$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le facteur de convergence uniforme de M. Leja d'une série de polynomes*. Note de M. **Abramesco**, présentée par M. Émile Borel.

1. Le facteur de convergence de M. Leja [1] d'une série de polynomes $\Sigma P_n(x)$ est en relation avec le domaine de convergence de cette série.

---

[1] Leja, *Sur une propriété des séries de polynomes* (*Comptes rendus*, 193, 1931, p. 506); *Sur le facteur de convergence des séries de polynomes* (*Comptes rendus*, 193, 1931, p. 764).

Supposons que les polynomes $P_n(x)$ sont tels que

$$\limsup \sqrt[n]{|P_n(x)|} = |p(x)|,$$

comme pour les polynomes de Faber, polynomes orthogonaux, ou qu'ils vérifient une relation de récurrence de Poincaré quand on connaît

$$\lim (P_{n+1} : P_n) = u(x) \quad (^1).$$

La courbe (Γ) de convergence de la série de polynomes $\Sigma A_n P_n(x)$, où $\limsup \sqrt[n]{|A_n|} = \frac{1}{l}$ est donnée par

$$|p(x)| = l \quad \text{ou} \quad |u(x)| = l,$$

et la série est valable dans le domaine (D) intérieur à la courbe (Γ).

Donc, à toute série $\Sigma P_n(x)$, convergente sur un arc rectifiable de longueur aussi petite qu'on veut, correspond [2] un domaine d'existence donné par $|p(x)| = 1$ et un seul facteur de convergence $\frac{1}{|p(x)|}$ donnant le domaine de convergence de cette série (auquel appartient l'arc rectifiable considéré), et comme, à l'intérieur du domaine, on a $|p(x)| \leqq 1$, il résulte que le facteur de convergence est $\geqq 1$.

On peut envisager la même notion de facteur de convergence pour les séries de M. Appell procédant suivant les inverses de polynomes donnés, $\sum \frac{A_n}{P_n(x)}$, pour lesquelles $\limsup \sqrt[n]{|A_n|} = l'$ et les courbes (C) de convergence sont données par $|p(x)| = l'$ et sont valables à l'extérieur de la courbe (C) et à la courbe (C′) où sont les racines des polynomes $P_n(x)$.

2. Pour nous rendre compte de l'importance de la considération des limites $\sqrt[n]{|P_n(x)|}$, considérons le cas où les suites

$$(1) \qquad \sqrt[n]{|A_n|} \quad \text{et} \quad \sqrt[n]{|P_n(x)|} \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots)$$

ne tendent pas vers des limites uniques pour $n \to \infty$, quand la région de convergence de la série $\Sigma A_n P_n(x)$ ne dépend pas seulement, en général, des limites supérieures des snites (1), mais aussi des autres points limites de ces

---

(1) *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 9e série, 1, 1922, p. 77-84; *Bulletin des Sciences math.*, 54, novembre 1930, p. 336.

(2) D'après les théorèmes de Stieltjes et M. Vitali (Voir MONTEL, *Leçons sur les familles normales de fonctions analytiques*, p. 30).

mêmes suites, ce qu'on voit dans l'exemple suivant qui m'a été communiqué par M. Karamata. Considérons dans la série $S(z)=\sum_{n=0}^{\infty} A_n P_n(z)$, où les polynomes $P_n(z)$ sont de la forme

$$P_n(z)=[z+(-1)^n]^n \qquad (n=0, 1, 2, \ldots),$$

séparément les sommes $S_1(z)$ des termes de rang pair et $S_2(z)$ des termes de rang impair. La série $S(z)$ convergera dans le domaine (D) intérieur aux cercles

$$|z+1|=l_1, \qquad \limsup_{n\to\infty} \sqrt[2n]{|A_{2n}|} = \frac{1}{l_1},$$

$$|z-1|=l_2, \qquad \limsup_{n\to\infty} \sqrt[2n+1]{|A_{2n+1}|} = \frac{1}{l_2}.$$

Considérons encore le résultat suivant dû à M. Karamata. Du fait que

$$\limsup_{n\to\infty} \sqrt[n]{|A_n P_n(z)|} \leqq \limsup_{n\to\infty} \sqrt[n]{|A_n|} \limsup_{n=\infty} \sqrt[n]{|P_n(z)|} = \frac{1}{l}|p(z)|,$$

la série $S(z)$ convergera toujours à l'intérieur du domaine (D) défini par $|p(z)|=l$, mais $|p(z)|=l$ ne sera pas, en général, la courbe limitant le domaine de convergence de la série $S(z)$; cependant, si l'une des deux suites (1) tend vers une limite déterminée pour $n\to\infty$, la série $S(z)$ converge seulement à l'intérieur de cette courbe.

3. Des exemples de séries de polynomes, offrant des singularités de convergence plus profondes, ont été donnés par M. Helge von Koch [1].

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur l'unicité de la solution des problèmes de frottement.* Note de M. **R. Mazet**, présentée par M. P. Painlevé.

On considère un solide soumis à des forces données et en contact avec un obstacle fixe. On suppose : 1° que le contact a lieu par un seul point; 2° qu'au voisinage de ce point la surface du solide et celle de l'obstacle ne présentent aucune singularité; 3° que le contact est du premier ordre; 4° que les lois de Coulomb sont applicables à la force de contact avec un coefficient de frottement f invariable, qu'il y ait ou non glissement.

---

(1) Helge von Koch, *Remarques sur quelques séries de polynomes* (*Bull. Soc. math. France*, 34, 1906, p. 269-274).

Nous n'envisagerons dans cette Note que le cas du mouvement plan.

Soient t_0 un instant quelconque, O le point de contact à cet instant, C_m et C_f les courbures en ce point du solide et de l'obstacle (valeurs algébriques). Prenons comme axes : Ox la tangente commune orientée dans un sens arbitraire, Oy la normale commune orientée de l'obstacle vers le solide $\left(C_m - C_f = \frac{1}{\delta} > 0\right)$.

Supposons qu'à l'instant t, postérieur à t_0, la courbe L qui limite le solide ne soit plus forcément tangente à la courbe L_1 qui limite l'obstacle. Soient $\vec{u}$ le verseur de la normale commune déduite par continuité de Oy, M et M_1 les deux points qui se font vis-à-vis sur cette normale (M sur L, M_1 sur L_1), $\vec{W}$ la vitesse matérielle du point M, $\vec{W}_l$ la projection de $\vec{W}$ sur le support d'un verseur issu de M, situé du même côté de $\vec{u}$ que $\vec{W}$ et faisant avec $\vec{u}$ l'angle $\pm l$ défini par $\cot l = f\left(0 < l \leqq \frac{\pi}{2}\right)$. Supposons le solide en mouvement sous l'action des forces données et d'une force inconnue $\vec{R}$, appliquée à chaque instant au point M et satisfaisant aux conditions suivantes :

$$\overrightarrow{M_1M} \times \vec{R} = 0, \tag{1}$$

$$\vec{W}_l \times \vec{R} = 0, \tag{2}$$

$$\vec{u} \times \overrightarrow{M_1M} \geqq 0, \tag{3}$$

$$\vec{u} \times \vec{R} \geqq 0, \tag{4}$$

$$\frac{\partial}{\partial l}\left(\frac{dW^2}{dt}\right) \times \vec{u} \times \vec{R} \geqq 0, \tag{5}$$

$$\vec{u} \times \vec{r} \geqq \sin l, \tag{6}$$

$\vec{r}$ étant le verseur de $\vec{R}$.

Il est aisé de constater que le problème ainsi posé est identique à celui du mouvement du solide en présence de l'obstacle lorsqu'il est soumis aux forces données et, en cas de contact effectif, à la réaction de l'obstacle définie par les lois de Coulomb. Il a l'avantage de comporter une mise en équation *unique* valable pour les trois cas possibles : glissement, roulement sans glissement, cessation du contact.

La condition (5) est seule nouvelle : elle exprime qu'*en cas de glissement une augmentation du coefficient de frottement ne peut*, toutes choses égales

d'ailleurs, *favoiser le glissement*. Nous proposons d'admettre ce postulat comme répondant au caractère *essentiellement passif* du frottement en physique.

La position du solide, de masse m, par rapport aux axes Ox, Oy, dépend de trois paramètres : ξ, η coordonnées de son centre de gravité G, θ angle de rotation. Soient $m\mathcal{X}$, $m\mathcal{Y}$, $m\mathcal{M}$ les *coordonnées centrales* de réduction des forces données ($\mathcal{X}$, $\mathcal{Y}$, $\mathcal{M}$ sont des fonctions connues de ξ, η, θ, des dérivées ξ', η', θ' et de t supposées régulières pour $\xi = \xi_0$, $\eta = \eta_0$, ..., $t = t_0$), k le rayon central de giration du solide, N et T les projections de $\vec{R}$ sur $\vec{u}$ et sur la tangente en M à L déduite par continuité de Ox. Des équations différentielles du mouvement jointes aux conditions (1) et (2), on tire différents systèmes de valeurs de ξ'', η'', θ'', N et T en fonction de ξ, η, θ, ξ', η', θ', t. Pour que l'un de ces systèmes définisse un mouvement acceptable, il est nécessaire et suffisant que son intégrale particulière aux conditions initiales satisfasse, en outre, aux conditions (3) à (6). D'après le théorème de Cauchy, il suffit de le vérifier pour $t = t_0$. On prévoit ainsi, sans intégration, la *nature* du mouvement.

On obtient par ce procédé les résultats généraux suivants valables à un instant quelconque t (l'indice zéro étant supprimé partout) pour le solide au contact de l'obstacle et animé de vitesses compatibles avec ce contact, W étant la vitesse de glissement (valeur algébrique comptée sur l'axe intrinsèque Ox) :

Notations.

$$\mathcal{X}^* = \mathcal{X} + \xi\theta'^2,$$
$$\mathcal{Y}^* = \mathcal{Y} + (\eta - \delta)\theta'^2 + \delta c_f w(2\theta' - c_m w),$$
$$D = \xi\eta\mathcal{X}^* + (k^2 + \eta^2)\mathcal{Y}^* - \xi\mathcal{M},$$
$$E = (k^2 + \xi^2)\mathcal{X}^* + \xi\eta\mathcal{Y}^* + \eta\mathcal{M},$$
$$P = k^2\mathcal{Y}^* - \xi\mathcal{M}.$$

Premier cas : $W \neq 0$.

$$P < 0 \begin{cases} f < \dfrac{k^2+\xi^2}{|\xi\eta|} & \text{glissement,} \\ f > \dfrac{k^2+\xi^2}{|\xi\eta|} \begin{cases} \xi\eta W > 0 & \text{glissement,} \\ \xi\eta W < 0 & \text{choc tangentiel [1],} \end{cases} \end{cases}$$
$$P > 0 \quad \text{cessation du contact [1].}$$

[1] Pour $P > 0$, $f > \dfrac{k^2+\xi^2}{|\xi\eta|}$, $\xi\eta W < 0$, la résolution des équations fournit d'une part la cessation du contact, d'autre part un mouvement avec glissement qui satisfait à toutes les conditions, *à l'exception de* (5). *Admettre cette condition revient en fait à considérer ce dernier mouvement comme irréalisable.*

Deuxième cas : $W = 0$.

$$
P < 0 \begin{cases} D > 0 & \text{glissement } (E > 0 : W \text{ croît}; \ E < 0 : W \text{ décroît}); \\ D < 0 \begin{cases} f < \left|\dfrac{E}{D}\right| & \text{glissement } (E > 0 : W \text{ croît}; \ E < 0 : W \text{ décroît}), \\ f > \left|\dfrac{E}{D}\right| & \text{roulement sans glissement.} \end{cases} \end{cases}
$$

$$
P > 0 \begin{cases} D > 0 & \text{cessation du contact}; \\ D < 0 \begin{cases} f < \left|\dfrac{E}{D}\right| & \text{cessation du contact}; \\ f > \left|\dfrac{E}{D}\right| & \text{cessation du contact ou roulement sans glissement } (^{**}). \end{cases} \end{cases}
$$

Le cas (*) ne peut se présenter qu'à l'instant initial du contact. La discussion conduit, en effet, à rejeter tout mouvement continu. Comme d'autre part, pour $P < 0$, $f = \frac{k^2 + \xi^2}{|\xi\eta|} - \varepsilon$, $\xi\eta W < 0$ (ε : nombre positif très petit), le calcul montre qu'il se produit un véritable choc *tangentiel* dans lequel la vitesse de glissement s'annule en un temps très court, il est légitime d'admettre qu'une augmentation de f ne peut, toutes choses égales d'ailleurs, que favoriser la production de ce choc. L'état final des vitesses vérifiera $\xi\eta W \geq 0$.

Dans le cas (**), deux éventualités, la cessation du contact et le roulement sans glissement, sont également acceptables. Quand le roulement se limite au repos, il donne lieu au *coincement*.

Les cas (*) et (**) sont les seuls où il y ait indétermination au sens de la Mécanique du solide (1).

Les considérations qui précèdent seront développées et généralisées dans un Mémoire ultérieur.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Lignes de glissement sur un cylindre.* Note (2) de M. **Constantin Woronetz.**

La théorie de la résistance des fluides de Helmholtz-Kirchhoff, ainsi que celles d'Oseen et de Witoszynski, supposent qu'un sillage indéfini accom-

---

(1) Voir Painlevé, *Cours de Mécanique*, 1, p. 655-659 (Paris, Gauthier-Villars, 1930); Beghin et Julia, *Exercices de Mécanique*, 1, ii, p. 365-368 (Paris, Gauthier-Villars, 1931).

(2) Séance du 9 novembre 1931.

pagne le solide et admettent en même temps que le mouvement reste permanent par rapport aux axes liés à ce solide. M. Henri Villat a généralisé la première de ces théories en considérant des sillages au-devant des obstacles. L'interprétation des singularités à l'infini présente certaines difficultés, dont on s'est souvent occupé; rappelons par exemple la controverse entre MM. Nœther et Oseen (1). Au Congrès de Mécanique appliquée à Zürich en 1926 M. D. Riabouchinsky a indiqué qu'on peut échapper à ces difficultés en admettant que le courant forme un circuit fermé.

J'examine dans cette Note le cas d'un courant d'épaisseur uniforme infiniment petite circulant autour d'un cylindre. On peut satisfaire à la condition des trajectoires fermées en supposant que le courant contourne deux obstacles, réunis par des lignes de glissement, symétriques par rapport à l'une des génératrices du cylindre. Il est évident qu'on peut généraliser le problème en distribuant symétriquement sur la surface du cylindre n paires d'obstacles, au lieu d'une seule. Les formules de Beltrami (2) nous permettent d'étudier directement le mouvement sur la développée plane d'un cylindre; en raison du principe de symétrie de Schwarz, pour résoudre le problème général de n paires d'obstacles, il suffit d'étudier le mouvement autour d'une seule paire. Selon la façon dont nous coupons la surface du cylindre le long de deux génératrices, les sillages nous apparaissent comme domaines intérieurs fermés ou extérieurs ouverts. Pour passer au problème plan il suffit d'effectuer un passage à la limite, en augmentant indéfiniment le rayon du cylindre.

Si l'on suppose que l'angle polaire α, qui caractérise la position mutuelle de deux obstacles, ne change pas pendant ce passage à la limite, tous les obstacles s'éloignent indéfiniment de celui sur lequel nous fixons notre attention. Le problème se réduit alors, en domaine fini, au problème de Kirchhoff pour un seul obstacle, mais nos formules générales nous permettent d'analyser aussi le mouvement autour des obstacles rejetés à l'infini. Le problème ainsi posé, dépendant de la valeur qu'on attribue au nombre n, comporte des solutions multiples. La nature de ces dernières est évidemment différente de celles qui ont été traitées par M. Henri Villat.

Prenons comme obstacles deux segments de droites parallèles aux géné-

(1) *Vorträge aus dem Gebiete der Hydro- und Aerodynamik*. Innsbruck, 1922, p. 132.

(2) E. Beltrami, *Delle variabile complesse sopra una superficie qualunque* (*Annali di Mathematica*, 2e série, **1**, 1867, p. 329).

ratrices et, pour établir la dépendance fonctionnelle entre les variables Ω et f, posons

$$(1)\qquad \frac{d\Omega}{dt}=\frac{\mathrm{A}t}{(a^2-t^2)\sqrt{(b^2-t^2)(c^2-t^2)}},\qquad \frac{df}{dt}=\frac{\mathrm{B}c}{\sqrt{c^2-t^2}},$$

d'où l'on tire z en fonction elliptique de f. En désignant par $\mathrm{F}(\theta_1, k)$, $\mathrm{E}(\theta_1, k)$, $\Pi(\theta_1, k_1, k)$ les intégrales elliptiques de Legendre, nous obtenons les lignes de glissement sous la forme

$$(2)\qquad \begin{cases} \dfrac{x-d}{r}=\dfrac{2k'_1\sqrt{k_1^2-k^2}}{nk_1(1+k'_1)}[\Pi(\theta_1, k_1, k)-\mathrm{F}(\theta_1, k)], \\ \dfrac{y-l}{r}=\dfrac{2k'_1}{n(1+k'_1)}\log\dfrac{\sqrt{k_1^2-k^2}+k_1\sqrt{1-k^2\sin^2\theta_1}}{(k_1+\sqrt{k_1^2-k^2})\sqrt{1-k^2\sin^2\theta_1}}, \end{cases}$$

$2d$ étant la distance entre les plans, $2l$ leur largeur et r le rayon du cylindre. Les paramètres k, k_1 et l'inclinaison θ de la vitesse de glissement sont déterminés par les expressions

$$(3)\qquad k^2=\frac{a^2}{b^2}\,\frac{c^2-b^2}{c^2-a^2},\qquad k_1^2=\frac{c^2-b^2}{c^2-a^2},\qquad \cos^2\theta=\frac{c^2-a^2}{c^2-b^2}\,\frac{t^2-b^2}{t^2-a^2},\qquad \theta_1=\frac{\pi}{2}-\theta.$$

Lorsque le rayon r, et par conséquent le paramètre c, augmentent indéfiniment, les formules (2) et (3) se réduisent à

$$(4)\qquad \begin{cases} \dfrac{x-d}{l}=\dfrac{\operatorname{tang}\theta_1\sqrt{1-k^2\sin^2\theta_1}-\mathrm{E}(\theta_1, k)}{\mathrm{K}'-\mathrm{E}'+k'\log(1+k')-k'\log k}, \\ \dfrac{y-l}{l}=k'\dfrac{\log(\sqrt{1-k^2\sin^2\theta_1}+k')-\log(1+k')\cos\theta_1}{\mathrm{K}'-\mathrm{E}'+k'\log(1+k')-k'\log k}, \end{cases}$$

$$(5)\qquad \begin{cases} k=\dfrac{a}{b},\qquad k_1=1,\qquad \cos^2\theta=\dfrac{t^2-b^2}{t^2-a^2}, \\ d=\dfrac{\mathrm{B}b}{q_1}\left(\mathrm{E}+k'\dfrac{\pi}{2}\right),\qquad l=\dfrac{\mathrm{B}b}{q_1}\left(\mathrm{K}'-\mathrm{E}'+\dfrac{k'}{2}\log\dfrac{1+k'}{1-k'}\right), \end{cases}$$

qui déterminent les lignes de glissement limitant un sillage ouvert sur un plan indéfini ([1]). Le paramètre k variant entre 0 et 1, les valeurs correspondantes du rapport $\frac{d}{l}$ varient entre 0 et ∞, et il y aura lieu d'analyser les quatre cas limites suivants :

1° $k=0$, $d=0$. Les deux plans se rapprochent indéfiniment et, comme en raison des formules (5), a et b disparaissent en même temps, on voit

([1]) Le cas d'un sillage fermé a été étudié par M. D. Riabouchinsky (*Proc. of the London Math. Society*, 2e série, **19**, Part 3, 1920, p. 206-215).

que l'angle $\theta = 0$. Après avoir levé l'indétermination des formules (4) nous obtenons les lignes de glissement sous la forme $y = \pm l$. Ce cas limite est particulièrement intéressant, si l'on se souvient que les lignes de glissement doivent être, en général, tangentes aux sommets des obstacles considérés.

2° $k = 1$, $d = \infty$. Les deux plans s'écartent indéfiniment. Les valeurs des paramètres a et b tendent vers l'infini, mais la différence $b - a$ et par conséquent l'angle θ restent déterminés. Nous démontrons que les équations des lignes de glissement coïncident dans ce cas avec celles de Kirchhoff.

3° $k = 0$, $l = \infty$. Les lignes de glissement, transportées à l'infini, restent déterminées sous la forme

$$\frac{x-d}{d} = \frac{1}{\pi}(\operatorname{tang}\theta_1 - \theta_1), \qquad \frac{y-l}{d} = -\log\cos\theta_1.$$

4° $k = 1$, $l = 0$. Les lignes de glissement se confondent avec l'axe des x.

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les ondes périodiques à la surface de l'eau.* Note de M. **J. Baurand**, présentée par M. M. Brillouin.

J'ai indiqué [1] deux méthodes permettant l'étude des ondes superficielles liquides, ondes circulaires et de petite amplitude.

En soulevant une colonne d'eau dans un tube vertical et en la laissant retomber incomplètement, les oscillations du liquide dans le tube produisent des oscillations périodiques de la surface de l'eau d'un bassin. L'une des méthodes d'observation permet la mesure de l'espace parcouru par une onde et le temps de parcours, par suite la vitesse de phase d'un creux ou d'une crête, ainsi que sa longueur d'onde. Pendant la propagation, la longueur d'onde varie légèrement.

D'autre part la théorie de Kelvin sur la propagation des ondes superficielles rectilignes, en tenant compte à la fois de la pesanteur et de la capillarité, conduit à la formule

$$V^2 = \left(\frac{g\lambda}{2\pi} + \frac{A}{\rho}\frac{2\pi}{\lambda}\right)\operatorname{tang\,h}\frac{2\pi h}{\lambda},$$

V étant la vitesse de propagation, h la profondeur du bassin, A la constante capillaire et ρ la masse spécifique. Les expériences ayant été faites dans un bassin contenant 10^{cm} d'eau et les longueurs d'onde étant toutes

(1) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1822.

inférieures à 10^{cm}, tangh $\frac{2\pi h}{\lambda}$ est égal à l'unité à $\frac{1}{1500}$ près. Les ondes sont étudiées ici dans les premiers centimètres de la propagation, entre 5 et 15^{cm} du centre de production, ou pendant leur mouvement jusqu'à 50^{cm}.

Le tableau suivant donne les résultats expérimentaux. La vitesse a été calculée en prenant $A = 73$ dynes/cm.

$\lambda_{calc.}$ est le produit VT des vitesses et périodes mesurées.

$\lambda_{mes.}$ cm.	$V_{mes.}$ cm./sec.	$V_{calc.}$ cm./sec.	$T_{mes.}$ 1/100e sec.	$T_{calc.}$ 1/100e sec.	$\lambda = VT$ cm.	D cm.
0,85	25,4	25,1	3,4	3,4	0,87	13
1,05	24,3	24,5	4,2	4,3	1,03	13
1,5	23,6	23,2	6,4	6,5	1,51	–
2,05	24	23,3	8	8,8	1,92	–
2,35	24,2	23,7	9,6	9,9	2,33	10
3	24,5	25	12,2	12	3	13
3,25	25,5	25,4	12,5	12,8	3,12	–
3,65	26,9	26,4	13,7	13,8	3,7	9,5
3,95	27,2	27,2	14,5	14,5	3,94	12
4,4	29,4	28,2	15,5	15,6	4,6	7,7
5	30,4	29,6	16,6	16,9	5	7,7
5,35	31,8	30,4	17,3	17,6	5,5	7,7
5,9	32,6	31,6	18,2	18,7	5,93	9
6,5	34	32,9	19,5	19,7	6,6	11

D est la distance du point où les mesures ont été faites, au centre de production des ondes.

1° En première approximation, les vitesses mesurées sont égales aux vitesses calculées. Mais la différence des deux valeurs de la vitesse est supérieure, au moins pour les grandes longueurs d'onde, à l'erreur commise sur la mesure qui est d'environ 2 pour 100;

2° La vitesse calculée est, en général, inférieure à la vitesse mesurée. La différence observée aurait pu être mise au compte de la tension superficielle : l'eau n'est pas parfaitement propre, A est diminué; la vitesse mesurée qui vérifierait la formule de Kelvin devrait être inférieure à la vitesse calculée avec $A = 73$ dynes/cm. Elle lui est au contraire supérieure;

3° Les enregistrements des déplacements des plans tangents horizontaux, ou ceux du mouvement d'un point en fonction du temps, permettent la mesure de la période des oscillations de la surface de l'eau. La théorie de

Kelvin donne pour la période :

$$\frac{1}{T^2} = \frac{2\pi}{\lambda^3}\left(\frac{A}{\rho} + \frac{g\lambda^2}{4\pi^2}\right)\operatorname{tangh}\frac{2\pi h}{\lambda}.$$

Les périodes mesurées sont à très peu près égales aux périodes calculées.

Les formules de Kelvin sont donc applicables en première approximation aux ondes circulaires produites comme il est dit plus haut, même à quelques longueurs d'onde de leur centre de production. Les petites différences entre les vitesses mesurées et calculées peuvent être attribuées soit au fait que les ondes produites ne sont pas rigoureusement sinusoïdales et qu'on peut les considérer comme résultant de la superposition de certains harmoniques à un fondamental, soit à de petites perturbations dues au mode de production des ondes.

AÉROTECHNIQUE. — *Suspension aérodynamique du véhicule aérien.* Note (1) de M. **Louis Breguet**, présentée par M. E. Jouguet.

Il y a un intérêt évident, pour accroître tant la sécurité et la facilité du pilotage des avions que le confort et l'agrément des voyages aériens, à réduire ou à supprimer les perturbations de toute nature du mouvement de l'avion qu'occasionnent la houle et les remous, momentanés ou prolongés, d'une atmosphère agitée, c'est-à-dire à réaliser la « suspension » du véhicule aérien.

On peut concevoir, comme j'en ai déjà exposé ailleurs le détail théorique (2), un procédé permettant de rendre la trajectoire d'un avion rectiligne et son inclinaison invariable dans l'espace malgré une agitation modérée, mais de forme à peu près quelconque, de l'atmosphère. Les conditions à réaliser, pour le régime de vol considéré, sont :

a. Invariabilité des efforts sustentateurs qui s'exercent sur la partie droite et sur la partie gauche de la voilure;

b. Invariabilité du coefficient aérodynamique, au sens usuel, de l'action normale (ou portance, positive ou négative) qui s'exerce sur l'empennage;

---

(1) Séance du 16 novembre 1931.

(2) Louis Breguet, *Oscillations du véhicule aérien. Suspension aérodynamique* [*Comptes rendus du III*e *Congrès international de Mécanique appliquée* (Stockholm, 3, 1930), p. 267].

c. Centrage de l'avion tel que la variation du moment, par rapport au centre de gravité, de toutes les actions aérodynamiques instantanées reste identiquement nulle.

Je voudrais indiquer un moyen nouveau de satisfaire aux conditions *a* et *b* qui peuvent toujours se réaliser par l'emploi d'un dispositif d'inertie aussi faible que possible et modifiant, à chaque instant, l'incidence efficace de la voilure et de l'empennage suivant une fonction convenable de la vitesse et de l'orientation instantanées du courant d'air variable qui agit sur ces surfaces. La disposition la plus simple conduit à utiliser sous la forme suivante un seul organe sensible à la fois aux pulsations longitudinale et verticale du vent, auxquelles se réduit pratiquement l'agitation locale de l'atmosphère.

La surface considérée, aile ou empennage, est munie à son bord de fuite d'un volet de courbure lié par une transmission comportant une action antagoniste, élastique ou non suivant les cas, à une petite surface, sorte d'aile en réduction, placée assez en avant de la surface principale, d'incidence comparable à celle de cette surface et mobile parallèlement à elle-même.

Suivant la dénomination de «plan-antenne» donnée à ce plan auxiliaire, celui-ci a pour fonction de déceler et utiliser l'agitation de l'atmosphère pour modifier la courbure de l'aile ou de l'empennage, c'est-à-dire son incidence efficace, en faisant varier convenablement à chaque instant le braquage du volet de courbure correspondant.

On vérifie que, pour l'empennage, le système se simplifie par la suppression possible de toute action antagoniste dans la transmission entre plan-antenne et volet mobile.

Pour régler le système pour un régime de vol choisi, il suffit que le pilote modifie convenablement soit l'incidence efficace du plan-antenne, soit la bande ou l'élasticité de l'action antagoniste.

L'emploi des volets précités comme volets de « suspension aérodynamique » peut se combiner de différentes manières avec leur emploi comme volets usuels de gouverne latérale et de profondeur, les plans-antennes correspondants pouvant alors être utilisés comme servo-moteurs de gouverne.

Toutes ces dispositions sont, ainsi que le montre une étude détaillée, réalisables par des moyens relativement simples.

Le dispositif préconisé ne doit pas être confondu avec le système des ailes dites « à fente », pourvues d'un aileron conjugué avec un volet placé près du bord d'attaque et mobile de façon automatique on non. Les deux systèmes

différent, en effet, à la fois par leurs dispositions caractéristiques, par leur fonctionnement et par leurs résultats.

Enfin, il est à noter que, tout en assurant la « suspension aérodynamique de l'avion » au sens défini plus haut, le dispositif en cause assure en même temps sa « stabilisation automatique », à la fois latéralement et en profondeur, à l'égard des perturbations accidentelles de l'atmosphère, sous réserve toutefois d'une perturbation résiduelle de la vitesse de translation dans l'atmosphère agitée, perturbation que l'on reconnaît au surplus être très petite et sans inconvénient pratique. Par ces caractères ce système de stabilisation automatique se distingue ainsi de la plupart des systèmes déjà connus et qui, en atmosphère agitée, peuvent au plus limiter chacune des diverses perturbations du mouvement de l'avion sans éteindre rigoureusement et à la fois plusieurs d'entre elles.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — Omicron Herculis, *Étoile variable d'amplitude très faible*. Note [1] de MM. **J. Dufay** et **R. Gindre**, présentée par M. Ch. Fabry.

1. Les variations de l'étoile *ο Herculis* [2], reconnues par F. Schwab en 1877 [3], ont donné lieu depuis cette époque à de nombreuses estimations d'éclat faites par la méthode des degrés. Ces observations ont abouti à des résultats tout à fait discordants. On a annoncé successivement les périodes $6^j,5$ [3], $6^j,27$ [4], $6^j,25894$ [5], $11^j,985$ [6], $10^j,327$ [7] et 7^j [8]. La courbe de lumière tracée est parfois sinusoïdale, plus souvent du type β Lyrae; l'amplitude trouvée varie de 0,2 à 0,5 magnitude.

Cependant 18 observations, faites par M. F. Becker avec un photomètre à cellule photo-électrique, n'ont montré aucune variation nette [9].

(1) Séance du 16 novembre 1931.

(2) Magnitude visuelle 4,83, spectre A_0 (*Harvard Revised Photometry*).

(3) F. Schwab, *Astronomische Nachrichten*, 94, 1878, n° 2248, col. 249.

(4) H. E. Lau, *Astronomische Nachrichten*, 190, 1911, n° 4544, col. 139.

(5) M. Maggini, *Astronomische Nachrichten*, 200, 1915, n° 4778, col. 25.

(6) E. Breson, *Astronomical Journal*, 29, 1915, p. 97.

(7) J. Ellsworth, *Bulletin de la Société astronomique de France*, 33, 1919, p. 13.

(8) B. Kukarkin, *Bulletin of the Observing Corporation of the Amateurs Astronomers of Moscow*, n° 7, 1926, p. 49.

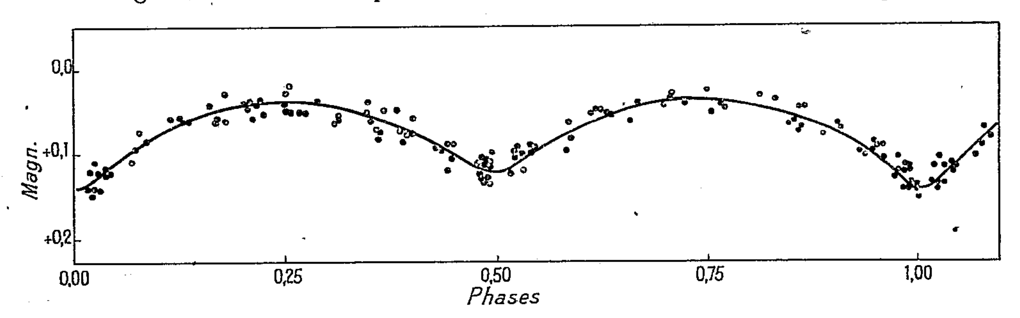
(9) E. Becker, *Beobachtungs-Zirkular der Astronomischen Nachrichten*, 4, 1922, p. 42. M. F. Becker nous a communiqué le détail inédit de ses observations.

2, Nous avons repris l'étude de cette étoile avec notre photomètre visuel à plages, qui permet d'atteindre une précision voisine du centième de grandeur. L'appareil utilisé et la méthode suivie ont été décrites dans des Notes précédentes (¹). Les observations sont faites à travers un filtre vert (Wratten n° 59). 136 comparaisons photométriques ont été effectuées en 1929, 1930 et 1931 entre o *Herculis* et l'étoile voisine ξ *Herculis* (²).

Nous avons constaté que la différence des magnitudes de o et de ξ ($m_o - m_\xi$) variait entre les limites $+0,03$ et $+0,13$ et devenait maximum tous les 11 jours. En supposant constant l'éclat de l'étoile de comparaison, les variations de o *Herculis* sont bien représentées par une courbe du type β Lyræ, de période très voisine de 22 jours. Les époques des minima les mieux observés nous ont donné la période $22^j,02$, mais nos observations suggèrent une légère augmentation de la période de 1929 à 1931 et, pour les réduire, nous avons adopté provisoirement l'éphéméride suivante :

$$\text{Min princ.} = \text{JJ T. M. A. G. } 2425783,85 + 21^j,90\,E + 0^j,0025\,E^2\ (^3).$$

La figure ci-dessous représente la courbe de lumière tracée parmi les



Courbe de lumière et observations individuelles.
En ordonnées, différences de magnitude entre les étoiles o et ξ Herculis.

observations individuelles. L'écart moyen de celles-ci par rapport à la courbe est 0,013 magnitude. La profondeur du minimum principal est 0,10 magnitude, celle du minimum secondaire 0,08 magnitude. Le minimum

(¹) J. Dufay, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 166 ; J. Dufay et R. Gindre, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 84.

(²) Magnitude visuelle 4,82, spectre K_0 (*Harvard Revised Photometry*).

(³) Si la variation de période se trouve confirmée, il y aura sans doute lieu de substituer dans l'avenir un terme sinusoïdal au terme E^2.

secondaire paraît se produire un peu moins d'une demi-période après le minimum principal (phase 0,49) [1].

La petitesse de l'amplitude permet de comprendre la discordance des résultats obtenus par la méthode des degrés. Nous avons vérifié du reste que la période de 22 jours rendait mieux compte de la plupart des anciennes observations que les périodes proposées par leurs auteurs. Enfin le résultat négatif des mesures précises de F. Becker peut s'expliquer par le fait que ces mesures ne couvrent pas entièrement la période et sont groupées de manière telle que les deux minima ont pu leur échapper.

3. La forme de la courbe de lumière correspond à une étoile double à éclipses. Les déterminations de la vitesse radiale sont peu nombreuses, mais si discordantes qu'elles permettent de supposer la vitesse variable [2]. Il n'est pas encore possible de préciser les éléments du système. La méthode de Russell conduit à une indétermination lorsque l'amplitude est très petite. En tout cas les deux étoiles auraient des brillances peu différentes (rapport 1,2 environ) et comme on ne voit qu'un spectre, l'une des deux serait notablement plus petite que l'autre. Si l'on admet entre les deux composantes une différence de 2 magnitudes, on trouve pour le rapport des rayons 0,36 ou 0,44, suivant qu'on attribue la plus grande brillance à la petite étoile ou à la grande.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Étude photométrique et actinométrique de la Lune pendant l'éclipse du 26 septembre 1931.* Note de MM. **F. Link** et **J. Devaux**, présentée par M. Ch. Fabry.

Le 26 septembre 1931 nous avons étudié l'éclipse de Lune à l'Observatoire du Pic du Midi (2860^m). La transparence était grande, la température était d'environ 0° et la tension de vapeur d'eau de l'ordre de 1^{mm} de mercure. Link s'est proposé d'étudier, dans le spectre visible, la variation de la brillance d'une région de la Lune en fonction de la distance au centre de l'ombre. Devaux s'est proposé d'étudier la variation de la brillance énergé-

(1) Ce fait, *qui ne provient pas de l'incertitude de la période*, indiquerait une orbite légèrement elliptique.

(2) Le catalogue de Voûte donne, d'après l'Observatoire de Vienne, 44,6 km/sec (*Annalen v. d. Bosscha-Sternwacht, Lembang, Java*, 3, 1928, p. A.124). Le catalogue de Lick donne 27 km/sec. Les quatre clichés de Lick montrent des écarts de l'ordre de 10 km/sec (*Lick Observatory Publications*, 16, 1928, p. 264).

tique primaire (émission) de la même région en fonction de l'éclairement énergétique solaire et du temps.

Appareils. — Nous avons utilisé l'équatorial double du Pic du Midi comportant un objectif de 6^m de distance focale et de 25^{cm} de diamètre; et un miroir de même distance focale et de 50^{cm} de diamètre.

1. Link a utilisé un photomètre à plage. L'œilleton de 3^{mm} de diamètre se trouvait au foyer de l'objectif; on pouvait ainsi comparer la brillance moyenne dans un cône d'angle au sommet de $1',7$ à une brillance constante (lampe étalon), grâce à un cône photométrique. On a opéré sous filtre bleu et rouge ($0^{\mu},46$ et $0^{\mu},62$ environ).

Devaux a utilisé un couple thermo-électrique. Un diaphragme de 7^{mm} de diamètre, au foyer du télescope, délimitait un cône d'angle au sommet de $4'$. Un petit miroir concave, de grande ouverture relative, concentrait le rayonnement traversant le diaphragme sur l'une des soudures du couple; ce dernier était relié, par fils sous plomb, à un galvanomètre sensible, placé dans une cave proche de la coupole. De la cave on commandait électriquement un volet noirci et un filtre de verre que des électro-aimants interposaient sur le faisceau éclairant le couple (ce faisceau ne traversait aucun autre filtre). Enfin Devaux, qui effectuait les mesures dans la cave, était en relation téléphonique avec Taule, qui suivait le mouvement de l'équatorial.

Résultats. — Nous n'avons étudié que la seconde moitié de l'éclipse, lorsque la hauteur de la Lune était assez grande. La variation de l'absorption atmosphérique était assez faible. Link a fait une correction (au maximum 0,06 et 0,03, respectivement pour le bleu et le rouge sur les densités). Devaux n'a effectué aucune correction, étant donnée la complexité du problème; mais il mesurait alternativement le rayonnement venant de la Lune et celui du ciel (atmosphère) en son voisinage, pour en déduire par différence le rayonnement énergétique total de la région étudiée, ayant traversé l'atmosphère terrestre. D'autre part les mesures faites sous filtre de verre donnaient approximativement le rayonnement énergétique secondaire de la Lune (radiations solaires diffusées) : on en déduit, par différence son rayonnement énergétique primaire parvenu à l'Observatoire.

Nous avons étudié le voisinage immédiat d'Apollonius, au sud de la mer des Crises.

Le tableau suivant indique les résultats sous forme de densités optiques : les nombres fournis sont les logarithmes vulgaires changés de signe du

rapport de la brillance pendant l'éclipse, à la brillance constante après l'éclipse.

Distance au centre de l'ombre.	Heure (T. M. G.).	Densités optiques. Mesures visuelles $0^{\mu},46$.	$0^{\mu},62$.	Rayonnement énergétique primaire.
30'.................		3,83	3,61	–
35.................		3,42	3,19	–
42.................	21.46	1,55	1,35	1,3
45.................	21.53	0,87	0,81	0,8
50.................	22.05	0,38	0,38	0,46
55.................	22.16	0,22	0,22	0,28
60.................	22.27	0,13	0,13	0,14
70.................	22.50	0,00	0,00	0,0

Conclusions. — 1. Les mesures photométriques dans l'ombre montre que le phénomène est sélectif : la densité pour le bleu est plus forte que pour le rouge. On sait, en effet, que l'éclairement de la Lune dans l'ombre est due à l'atmosphère terrestre. Par contre, dans la pénombre, cette différence diminue très vite et devient pratiquement nulle à partir de 47' du centre.

2. La précision des mesures actinométriques a été diminuée par des perturbations. Avec la précision obtenue le rayonnement primaire de la Lune dans l'ombre n'était pas décelable. Dans la pénombre on peut admettre, en première approximation, que la composition du flux solaire est constant. Dans ces conditions, si l'inertie calorifique de la surface lunaire était nulle (équilibre instantané de radiation), sa radiation énergétique primaire serait à chaque instant proportionnelle à l'éclairement énergétique, et l'on peut admettre que sa brillance énergétique primaire lui serait également proportionnelle. Les densités pour le flux énergétique primaire seraient alors les mêmes que celles qui concernent les mesures photométriques. En fait, les nombres trouvés sont un peu plus forts pendant la durée de la pénombre, ce qui semble montrer une faible inertie. Toutefois, étant donnée la difficulté d'effectuer des corrections concernant l'absorption atmosphérique, Devaux considère que ses mesures ne permettent pas de mettre sûrement en évidence l'inertie calorifique de la surface lunaire; mais cette inertie est certainement très faible pour la région étudiée.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Vernis neutralisants, propriétés d'orientation de leurs molécules superficielles, polissage moléculaire.* Note de MM. **Paul Woog, Jean Givaudon** et Mlle **Émilie Ganster**, présentée par M. Brillouin.

L'un de nous a fait connaître (¹) la possibilité de s'opposer efficacement à la dispersion des lubrifiants sur les surfaces solides, en neutralisant par un processus des plus simples les champs de forces superficiels, cause de l'étalement des huiles, au moyen d'un épilamen formé de molécules polaires régulièrement orientées. L'application, devenue nécessaire, de ce principe aux pièces qui doivent être vernies, s'est heurtée à certaines difficultés. Celles-ci sont aujourd'hui levées par la réalisation de vernis, que nous avons étudiés, fournissant un revêtement protecteur convenable et dont la surface se recouvre spontanément d'un épilamen sur lequel les gouttes d'huile ne s'étalent plus, retenues par la cohésion dominante de leurs molécules. Nos études nous ont montré d'évidentes manifestations de l'orientation moléculaire.

En principe l'adjonction à un vernis quelconque d'une certaine proportion de corps formés de molécules actives (alcool éthalique, acides de la série grasse, etc.) semblait pouvoir suffire, les molécules devant théoriquement venir tapisser les surfaces de discontinuité, en s'orientant. Le problème est, en réalité, beaucoup plus délicat. La plupart des pellicules abandonnées par les vernis sont formées d'un enchevêtrement anisotrope de particules qui entraînent une extension rapide des huiles déposées à leur surface. Nombre d'entre elles montrent au contact des huiles des phénomènes inacceptables d'absorption ou de dissolution. Enfin, les vernis dont la composition permet aux huiles de séjourner sans dommage sur la couche résultant de leur évaporation donnent tous lieu au phénomène suivant :

Lorsqu'on applique les vernis, les solvants qu'ils renferment s'évaporent et abandonnent les éléments constitutifs de la pellicule proprement dite, ainsi que les molécules actives. Il se forme donc peu à peu une couche pâteuse qui va progressivement durcir par le départ total du solvant. Or les molécules actives qui, pour être efficaces, devraient s'orienter à la surface de la pellicule, ne peuvent le faire librement, car elles sont, en quelque

(¹) Paul Woog, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 772; 186, 1928, p. 71; 189, 1929, p. 977.

sorte, enlisées dans la pellicule de vernis en formation qui, en se solidifiant, les fixe dans une position quelconque. L'épilamen régulier, indispensable à la neutralisation superficielle, ne peut donc être réalisé par les techniques ordinaires du vernissage et celles-ci conduisent toujours à des échecs.

Une formation très ralentie de la pellicule obtenue en retardant l'évaporation des solvants ne saurait être utilisable, mais on peut tourner la difficulté autrement.

On vernit une surface par l'évaporation naturelle d'une solution composée de :

Gomme Dammar	3^g
Trichloréthylène	50^{cm^3}
Toluène	50^{cm^3}
Acide stéarique	$0^g,5$

La pellicule obtenue se laisse, au bout d'un certain temps, dissoudre par l'huile, mais elle permet l'observation suivante : Si l'on dépose une goutte d'huile sur une telle surface, on voit que celle-ci s'étend et que le vernis ne possède aucune propriété de rétention. Mais, si auparavant, on frotte la partie vernissée avec la paume de la main, ou avec une peau de chamois, cette surface, sur laquelle n'apparaît aucun changement visible, acquiert aussitôt la propriété de s'opposer à l'étalement de l'huile. La friction n'a pas besoin d'être énergique, ni d'être prolongée : elle suffit cependant à aider au déplacement des molécules superficielles ; elle leur donne la possibilité de s'orienter selon leur nature pour former, en stabilisant leur équilibre, l'épilamen neutralisant régulier sur lequel les champs de forces sont minima. On effectue ainsi un véritable *polissage moléculaire* tout à fait analogue au réajustement du treillis moléculaire superficiel constaté par Beilby (¹) dans ses recherches sur le polissage des solides.

Une autre voie nous a permis d'obtenir la formation de l'épilamen d'une manière automatique. Nous avons pour cela réalisé des vernis dont la pellicule (élémi, laque, etc.) est capable, après sa formation et l'évaporation totale des solvants, de perdre sa dureté sous l'effet d'une chaleur modérée (100°). Grâce au ramollissement de la pellicule, les molécules actives bloquées dans une position quelconque, reprennent une certaine liberté de mouvement : les forces latentes d'orientation peuvent se manifester et entraînent les alignements corrects des molécules. Puis, quand le refroi-

(¹) G.-T. Beilby, *Proc. Roy. Soc. S. A*, 72, 1903, p. 218; 89, 1914, p. 593; *Aggregation and Flow of Solids* (Londres, 1921).

dissement s'effectue, les molécules orientées se trouvent définitivement fixées en bonne position, soudées par leur base sur la pellicule de vernis désormais rigide.

Les gouttes d'huile restent parfaitement immobiles, sur des surfaces recouvertes de tels vernis ainsi traités, même si l'on maintient les pièces lubrifiées à une température de 50°.

PHOTOCHIMIE. — *Sur le mécanisme de la photolyse des iodures d'alcoyle.* Note de M. GUY EMSCHWILLER, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avons reconnu que la photolyse des iodures d'alcoyle n'obéit pas à la loi dite de l'*équivalence*, puisque, pour une même quantité de lumière absorbée, les taux de décomposition dépendent à la fois de la nature de l'iodure, de sa température et de son état (¹).

Pour les iodures liquides, à la température de 20°, les rendements quantiques ont pour valeurs approximatives : 0,97 pour l'iodure d'éthyle, 0,55 pour l'iodure de butyle, 0,15 pour l'iodure d'isobutyle, 1,11 pour l'iodure d'isopropyle. Ces nombres ne concernent que les décompositions proprement dites. Des réactions d'isomérisation sont possibles; c'est ainsi que nous avons observé la transformation partielle de l'iodure d'isobutyle en iodure de butyle tertiaire.

Pour les iodures de méthyle et d'éthyle gazeux, les rendements quantiques sont, sinon nuls, du moins inférieurs à 0,02.

C'est un résultat remarquable que, dans le cas des iodures, le rendement quantique puisse, suivant les circonstances, prendre des valeurs très inférieures à l'unité ou la dépassant notablement (²). Admettant que l'absorption soit un phénomène moléculaire, un seul photon intéressant une seule molécule, nous devons supposer que les molécules touchées par la lumière ne seraient ni toutes ni les seules décomposées.

Pour justifier l'augmentation du rendement quantique, on peut retenir le fait que les réactions globales de photolyse des iodures ne sont qu'à peine endothermiques. L'énergie fournie par la lumière doit se trouver presque entièrement restituée, sous une forme ou sous une autre; ainsi des molécules peuvent recevoir de l'énergie qui ne leur est pas apportée directement

(¹) *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 741 et 866; 192, 1931, p. 799.

(²) C'est ainsi qu'il devient supérieur à 2 pour l'iodure d'éthyle liquide au delà de 50°.

par la lumière, et un seul photon entraîner la décomposition d'un nombre indéterminé de molécules.

Pour justifier la diminution du rendement quantique, il nous faut faire une hypothèse sur la nature de l'action primaire due à la lumière. On hésite actuellement entre deux théories; lorsqu'une molécule reçoit un très grand apport d'énergie, elle pourrait être soit dissociée directement en atomes (ou groupements d'atomes), soit activée, c'est-à-dire portée dans un état qui la rende apte à réagir sur une autre molécule. Avec l'hypothèse de la dissociation, l'existence de réactions inverses ou antagonistes de la réaction primaire expliquerait la diminution du rendement quantique; avec l'hypothèse de l'activation, ce serait la désactivation de la molécule activée avant l'intervention d'une autre molécule. Entre les deux théories il nous paraît ici difficile de faire un choix, mais nous avons reconnu qu'elles permettent toutes deux de coordonner l'ensemble de nos résultats.

Nous pouvons noter tout d'abord que les facteurs qui agissent grandement lors de la photolyse des iodures sont par contre sans action dans le cas du gaz iodhydrique, pour lequel le rendement quantique paraît être indépendant de la température et demeure égal à 2, aussi bien à l'état liquide qu'à l'état gazeux (¹). Or ces résultats ont été jugés favorables à l'hypothèse de la dissociation primaire des molécules iodhydriques touchées par la lumière. Inversement, il nous faudrait donc supposer qu'au contraire la photolyse des iodures d'alcoyle consiste en la réaction d'une molécule activée par la lumière sur une molécule ordinaire. La désactivation pourrait entraîner la régénération de la molécule initiale ou d'une molécule isomère, de telle sorte que l'isomérisation photochimique des iodures s'interpréterait par une transposition intramoléculaire, conformément à l'hypothèse déjà formulée par Mme Ramart-Lucas et F. Salmon-Legagneur pour les bromures d'isobutyle et de propyle (²).

Il importe cependant d'observer qu'on a fait valoir, en faveur de la dissociation photochimique primaire des molécules du gaz iodhydrique, deux arguments qui conduiraient pour les iodures d'alcoyle à cette même interprétation. C'est d'abord l'absence de fluorescence, nos investigations ayant abouti à des résultats négatifs, tout comme celles de Bonhoeffer et Farkas ; c'est aussi la considération des spectres d'absorption, continus

---

(¹) MAX BODENSTEIN et FRITZ LIENEWEG, *Ztschr. Physik. Chem.*, 119, 1926, p. 123.

(²) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 39.

dans les deux cas [1]. Malgré la fragilité de ces arguments, il y a lieu de ne pas négliger la théorie de la dissociation.

Il nous faut écarter l'hypothèse d'une dissociation primaire en radical alcoyle et atome d'iode, incompatible avec les résultats de notre étude chimique ; le départ nécessaire d'un atome d'hydrogène est encore confirmé par notre observation nouvelle qu'en solution alcoolique l'iodure d'éthyle est décomposé par la lumière en éthylène et acide iodhydrique. La dissociation produirait donc une molécule ou un reste éthylénique, mais les atomes d'iode et d'hydrogène pourraient être soit séparés soit combinés en une molécule iodhydrique, ordinaire ou activée. Nous avons ainsi été conduit à étudier l'action du gaz iodhydrique sur les carbures éthyléniques et sur les iodures, en présence ou en l'absence de lumière.

Marcelin Berthelot a signalé la fixation rapide des carbures éthyléniques par les solutions aqueuses concentrées d'acide iodhydrique, la réaction de l'éthylène exigeant seule un chauffage prolongé en tube scellé [2]. Opérant sur les produits gazeux, nous avons observé la combinaison immédiate et directe du gaz iodhydrique et du propylène, productrice d'iodure d'isopropyle. Avec l'éthylène aucune réaction ne se produit à la lumière diffuse du laboratoire, mais, si le mélange gazeux est soumis à l'action du rayonnement d'une lampe à vapeur de mercure, il y a production d'hydrogène et d'aiguilles blanches d'iodure d'éthylène. Nous avons constaté de plus que le gaz iodhydrique réagit, à froid et en l'absence de lumière, sur ces cristaux et les transforme en iodure d'éthyle et iode; rien ne se produit, dans les mêmes conditions, avec l'iodure de méthylène.

Le gaz iodhydrique ne réagit pas à froid et en l'absence de lumière sur les iodures d'alcoyle. Nous avons, par contre, reconnu la production d'éthane et l'absence d'éthylène par éclairement d'un peu d'iodure d'éthyle liquide en présence de gaz iodhydrique.

Nous basant sur les résultats de cette étude, nous avons pu établir que la théorie de la dissociation, tout comme celle de l'activation, permet de rendre compte des modalités de la photolyse des iodures d'alcoyle.

---

(1) Voir, en particulier, Bonhoeffer et Farkas, Bonhoeffer et Steiner, *Ztschr. physik. Chem.*, **122**, 1926, p. 287; **132**, 1928, p. 235.

(2) *Ann. Chim. Phys.*, 3e série, **51**, 1857, p. 81 ; **61**, 1861, p. 456.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'étude calorimétrique de l'absorption des rayons γ du radium.* Note (¹) de MM. **D. K. Yovanovitch** et **P. Savitch**, présentée par M. J. Perrin.

Nous avons précédemment effectué (²) des mesures d'absorption des rayons α et β à l'aide d'un microcalorimètre, remplaçant ainsi la méthode d'ionisation couramment employée par une méthode dans laquelle on mesure l'énergie abandonnée sous forme de chaleur dans la substance absorbante. Nous étendons aujourd'hui cette méthode aux rayons γ à l'aide d'un microcalorimètre plus précis.

L'appareil consiste (³) en un bloc de fer dans lequel on a pratiqué des évidements capables de recevoir deux vases de Dewar qui servent d'enceintes isothermiques. Les couples thermo-électriques cuivre-constantan sont disposés de telle sorte que les courants électriques provenant de l'échauffement de chacun des deux vases sont en opposition. Les soudures extérieures sont maintenues à la température du bloc de fer.

La source est constituée par une ampoule de $20^{mg},43$ de radium-élément employée couramment en thérapie. Le rayonnement est filtré par 1^{mm} de platine. En disposant des gaines absorbantes de différentes épaisseurs autour de cette ampoule, plongée dans l'un des vases Dewar, on constate une élévation de température à l'intérieur de ce vase, élévation que l'on compense en chauffant électriquement l'autre vase, de telle sorte que le galvanomètre monté en série avec les deux groupes de couples reste au zéro.

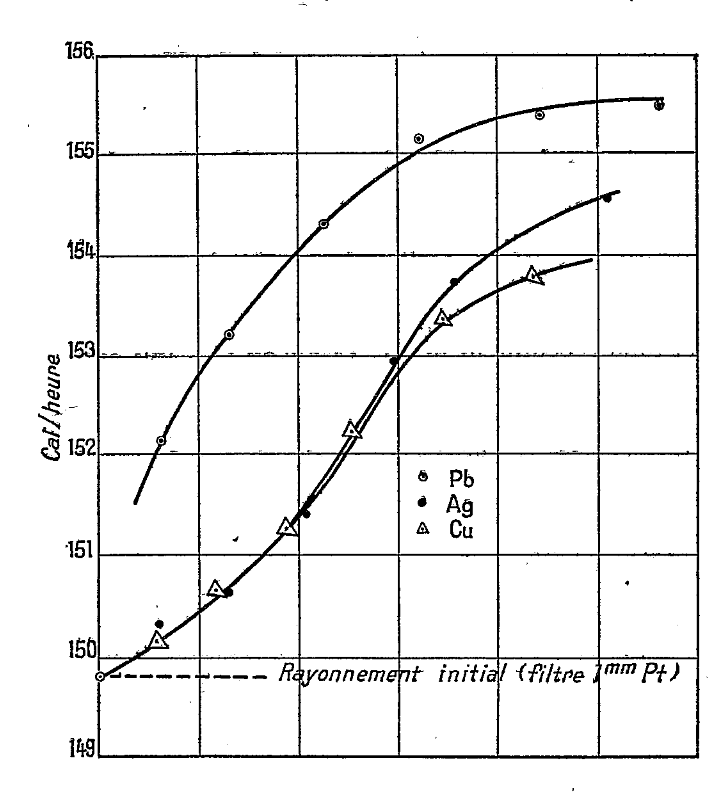
Les résultats des mesures apparaissent dans les tableaux et les graphiques suivants, relatifs à l'augmentation de la quantité de chaleur observée pour différentes épaisseurs des enveloppes absorbantes (évaluées en masses superficielles) et pour différents métaux :

(¹) Séance du 26 octobre 1931.

(²) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1459, et 183, 1926, p. 1037.

(³) *Journal de Physique et le Radium*, 9, octobre 1928, nº 10, p. 297.

Absorption dans le plomb.		Absorption dans l'argent.		Absorption dans le cuivre.	
m/s en gr/cm².	Q calories.	m/s en gr/cm².	Q calories.	m/s en gr/cm².	Q calories.
0	149,8	0	149,8	0	149,8
0,623	152,26	0,591	150,30	0,502	150,14
1,263	153,28	1,288	150,63	1,116	150,62
2,251	154,80	2,116	151,45	1,846	151,27
3,201	155,20	2,974	152,91	2,496	152,25
4,432	155,37	3,551	153,73	3,427	153,40
5,632	155,38	5,067	154,55	4,357	153,73



La courbe relative au plomb se rapproche sensiblement du type

$$q = q_0\left(1 - e^{-\frac{\mu}{\rho}\frac{m}{s}}\right).$$

Les courbes relatives à Ag et Cu présentent un changement de courbure

correspondant à une absorption plus complexe. Ce fait semble être dû à ce que, dans ces métaux plus légers, la totalité des électrons produits par effet photo-électrique n'est pas absorbée au sein même de l'écran. Une partie est rayonnée à l'extérieur et n'intervient pas dans le dégagement de chaleur. Signalons que sur les 155,38 calories mesurées avec la plus grande épaisseur de plomb, 129 sont dues au rayonnement α, 13,4 au rayonnement β, et 12,98 au rayonnement γ qui, rappelons-le, n'est pas entièrement absorbé.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les anomalies observées dans l'emploi du benzène et du nitrobenzène en cryoscopie.* Note (¹) de Mlle **M.-Th. François**, présentée par M. A. Cotton.

En vue de trouver des vérifications nouvelles à sa loi cryoscopique, Raoult (²) multiplia les expériences et releva des exceptions en particulier pour les solutions des composés organiques oxydrylés dans certains hydrocarbures simples ou substitués.

Après lui, de nombreux auteurs, parmi lesquels il faut citer Beckmann (³), Paternò (⁴) et plus récemment M. R. Lespieau (⁵), ont signalé l'existence de résultats anormaux.

Disposant d'une série d'acides gras purifiés avec le plus grand soin et qui possédaient les caractères physiques et chimiques de produits purs, nous avons pu étudier systématiquement les anomalies présentées par le benzène et le nitrobenzène.

D'après la loi de Raoult la masse moléculaire d'un corps dissous est égale au produit d'une constante K, relative au solvant utilisé, par la *valeur limite* que prend le rapport de la concentration de la solution à l'abaissement de son point de congélation, *quand la concentration devient infiniment petite*.

(¹) Séance du 9 novembre 1931.

(²) Raoult, *Cryoscopie*, Collection *Scientia*, 1901; d'après des résultats publiés depuis 1878.

(³) Beckmann, *Zeits. für Phys. Chem.*, 2, 1888, p. 638 et 715; 4, 1889, p. 523; 7, 1891, p. 323; 8, 1891, p. 223.

(⁴) Paternò et Nasini, *Rend. C. Ac. d. Lincei*, 4, 1888, p. 782-785.

(⁵) R. Lespieau, *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 31.

Si P désigne la concentration et C l'abaissement du point de congélation

$$M = K\frac{dP}{dC},$$

on en tire

$$K = M\frac{dC}{dP} \quad \text{avec} \quad P \to 0.$$

Pratiquement, la limite du rapport $\frac{dC}{dP}$ est la valeur du coefficient angulaire de la tangente à l'origine de la courbe représentative des variations de l'abaissement du point de congélation en fonction de la concentration. On peut lui donner la forme

$$C = \alpha P + \beta P^2 + \gamma P^3 + \ldots \quad (^1)$$

en dérivant par rapport à P, il vient

$$\frac{dC}{dP} = \alpha + 2\beta P + 3\gamma P^2.$$

Quand $P \to 0$, $\frac{dC}{dP}$ tend vers α et on peut écrire

$$K = M\alpha.$$

Si l'on donne à P les valeurs P_1, P_2, P_3, C prend les valeurs correspondantes C_1, C_2, C_3 ; il suffit donc, les six termes étant déterminés expérimentalement, de résoudre partiellement un système de trois équations à trois inconnues pour connaître α.

En particulier, lorsque P_1, P_2, P_3 sont entre eux comme 1, 2 et 3, il vient

$$\alpha = 9(C_1 - 4{,}5C_2 + C_3) : 3P_1.$$

---

(1) Raoult a exprimé la relation qui lie C à P par la formule $\frac{C}{P} = A + aC$, a étant un coefficient supposé très petit. Pour des valeurs de P suffisamment petites on peut développer en série et écrire :

$$C = A(P + aP^2 + bP^3 + \ldots).$$

L'expérience montre qu'il suffit de limiter le développement de la fonction C à trois termes.

Les valeurs caractéristiques du benzène et du nitrobenzène ont été calculées en utilisant successivement les principaux termes de la série des acides gras, tous produits de masse moléculaire connue. Les résultats trouvés sont consignés dans le tableau suivant :

Noms des acides (1).		Valeur de K du benzène.	Valeur de K du nitrobenzène.
Acide acétique..........	$C^2H^4O^2$	29,7	46,5
» propanoïque.......	$C^3H^6O^2$	30,3	46,5
» butyrique.........	$C^4H^8O^2$	30,5	46,7
» valérique *n*........	$C^5H^{10}O^2$	31,0	47,0
» caproïque.........	$C^6H^{12}O^2$	31,8	48,5
» heptanoïque.......	$C^7H^{14}O^2$	32,1	48,6
» caprylique.........	$C^8H^{16}O^2$	32,8	49,1
» nonanoïque........	$C^9H^{18}O^2$	34,1	52,8
» caprique..........	$C^{10}H^{20}O^2$	34,2	55,2
» undécanoïque......	$C^{11}H^{22}O^2$	34,8	61,9
» laurique..........	$C^{12}H^{24}O^2$	36,3	69,4
» myristique.........	$C^{14}H^{28}O^2$	46,2	86,2
» palmitique........	$C^{16}H^{32}O^2$	46,3	//

L'examen de ce tableau montre que le benzène et le nitrobenzène ne possèdent pas, comme il l'avait été supposé, deux constantes K, l'une normale, s'appliquant à la plupart des corps organiques, l'autre anormale, sensiblement égale à la moitié de la première et relative aux composés oxydrylés. A mesure qu'on s'élève dans la série des acides aliphatiques à nombre pair ou impair d'atomes de carbone, la valeur de la quantité K regardée comme constante augmente d'une manière progressive, jusqu'à atteindre ou dépasser pour les termes en C^{14} et en C^{16} le nombre communément adopté.

(1) Les résultats relatifs à la série paire ont été présentés dans notre Thèse de doctorat : *Influence des corps dissous sur l'abaissement moléculaire du point de congélation dans le benzène et le nitrobenzène*, Paris, 1929.

COLLOÏDES. — *Sur l'étude des solutions colloïdales par la polarisation de la lumière qu'elles diffusent.* Note de MM. **Augustin Boutaric** et **Charles Tourneur**, présentée par M. C. Matignon.

I. On peut suivre les transformations qui se produisent dans une solution colloïdale par la mesure de la polarisation de la lumière diffusée à 90° du faisceau incident, mesure qui s'effectue d'une manière précise et rapide au moyen du photopolarimètre de Cornu.

Pour des particules sphériques de dimensions extrêmement petites vis-à-vis des longueurs d'onde, la théorie de Lord Rayleigh indique que cette lumière devrait être totalement polarisée. Lorsque, par suite d'une transformation d'origine quelconque, les particules grossissent, la proportion de lumière polarisée diminue.

Quelle que soit la forme des particules, l'étude de cette polarisation peut fournir des renseignements intéressants sur les transformations qu'éprouve une solution colloïdale au cours de l'évolution qui précède la floculation.

II. Lorsqu'on dilue une solution colloïdale déterminée, la polarisation de la lumière diffusée va en augmentant en même temps que diminue l'intensité de cette lumière.

Entre la proportion P de lumière polarisée contenue dans le faisceau diffusé et l'intensité I de ce faisceau existe une relation de la forme

$$P = a - b \log I.$$

Pour des sols de sulfure d'arsenic, des suspensions de gomme-gutte et de résino-mastic, cette relation se vérifie dans un intervalle de concentrations de l'ordre de 1 à 150.

III. Lorsqu'on provoque la floculation d'un certain volume d'une solution colloïdale par addition d'un égal volume de solution électrolytique et qu'on suit en fonction du temps la polarisation du faisceau diffusé, on constate que cette polarisation part d'une valeur initiale égale à celle que donnerait la solution colloïdale diluée dans un égal volume d'eau, décroît jusqu'à une valeur limite P_l atteinte au bout d'un temps d'autant plus court que la solution électrolytique utilisée est plus concentrée, reste constante pendant un temps parfois très long, puis se met à croître lorsque se produit la sédimentation. le temps que met la polarisation à atteindre sa valeur limite constitue une mesure précise de la durée de floculation qui concorde

très exactement avec celle que fournit l'étude de l'intensité de la lumière transmise.

La constance de la proportion limite P_l de lumière polarisée pendant l'intervalle de temps, parfois considérable, qui précède la sédimentation, peut s'interpréter en admettant, comme l'ont suggéré MM. Cotton et Mouton dès leurs premières recherches sur les colloïdes, que les micelles qui se réunissent au cours de la sédimentation conservent cependant leur individualité et agissent indépendamment les unes des autres en ce qui concerne l'influence qu'elles exercent sur la polarisation de la lumière diffusée ainsi d'ailleurs que sur l'intensité de la lumière transmise.

Le temps que met la polarisation de la lumière diffusée à prendre sa valeur limite, après que l'électrolyte a eté introduit, diminue de plus en plus à mesure que croît la quantité d'électrolyte et peut tomber au-dessous de valeurs mesurables. Mais dans tous les cas que nous avons étudiés (sulfure d'arsenic, gomme-gutte, résine mastic), même pour les plus fortes quantités d'électrolyte, la polarisation de la lumière diffusée conserve sa valeur limite pendant une durée suffisante pour qu'on puisse évaluer avec précision la valeur P_l de cette polarisation.

Lorsque la quantité d'électrolyte introduite est insuffisante pour provoquer la floculation, on observe encore une diminution de la polarisation de la lumière diffusée et la polarisation limite ainsi obtenue se maintient ensuite indéfiniment.

IV. La polarisation limite P_l relative à un électrolyte donné diminue lorsque croît la concentration c de cet électrolyte, d'abord lentement pour les faibles valéurs de c, puis plus rapidement dès qu'est atteinte la quantité qui provoque la floculation. Dans certains cas (sulfure d'arsenic, gomme-gutte, résine mastic) cette polarisation limite passe par un minimum pour une certaine concentration c_m et croît ensuite de plus en plus lentement jusqu'à prendre une valeur invariable; dans d'autres cas (hydrate ferrique) le minimum, s'il existe, est imperceptible et, à partir de la concentration c_m la polarisation limite garde uue valeur invariable lorsque croît la concentration. Dans tous les cas, la concentration c_m, à partir de laquelle la valeur de la polarisation limite cesse de décroître lorsqu'on augmente la concentration de l'électrolyte floculant, sépare la zone des floculations rapides de celle des floculations lentes et nous paraît susceptible de fournir entre ces deux zones une délimitation plus nette qu'aucun des autres phénomènes proposés jusqu'ici à cet effet.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Préparation et purification de sels par l'emploi des zéolithes*. Note [1] de M. G. **Austerweil**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le mécanisme de la réaction qui régit l'échange de bases entre alumino-hydro-silicates (zéolithes naturelles et artificielles, glauconies, etc.) et solutions de sels ionisés n'a pas encore été éclairci, bien que la réaction elle-même ait été découverte il y a plus de trois quarts de siècles par l'Anglais J. T. Way. L'explication de ce curieux phénomène, d'ailleurs nié jadis par Liebig, a été tentée par beaucoup de chercheurs, mais on n'a pas obtenu des résultats décisifs, simples et nets, bien que l'application pratique de la réaction, surtout à l'épuration (détartrage) d'eaux industrielles, ait fait de grands progrés, surtout depuis les dernières vingt années.

La présente Note a pour but d'essayer de donner une explication simple de ladite réaction, explication corroborée par les faits, et de montrer l'application de la réaction ainsi expliquée à la préparation et la purification de sels en général.

Parmi quelques principes fondamentaux négligés ou inobservés jusqu'ici dans l'étude de la marche de l'échange de bases, il est nécessaire de noter les faits suivants : 1° On peut presque intégralement remplacer l'ion mobile dans un hydro-alumino-silicate (glauconie, zéolithe, etc.) par un autre ion, en employant un gros excès de ce dernier, sous forme de son sel ionisé en solution. 2° On peut presque intégralement remplacer un ion dans une solution d'un sel ionisé en le traitant par un gros excès de zéolithe, saturée au préalable presque intégralement par l'ion que l'on veut faire entrer en solution. 3° Le phénomène d'échange de bases n'est pas un phénomène colloïdal, et s'étend à toute série d'ions, même ceux des métaux lourds et de sels de bases organiques. Il est, jusqu'à une certaine limite, indépendant de la concentration des solutions des sels qui réagissent, ce qui semble indiquer qu'il est régi par le quotient des solubilités des zéolithes présentes.

Ces trois observations générales indiquent la possibilité de préparer des sels plus ou moins purs à l'aide de doubles échanges entre les zéolithes et des solutions de sels que l'on veut faire entrer en réaction les uns avec les

---

[1] Séance du 16 novembre 1931.

autres. Pour déterminer les bases théoriques de la préparation (et de la purification) de sels par la méthode de l'échange des bases, on procède comme suit :

On fait réagir, par exemple pour faire du nitrate de potassium, 1 gr.-équiv. d'un sel de Ca en solution aqueuse, dans notre cas du nitrate de calcium, sur une quantité de zéolithes saturées de potassium, contenant également 1 gr.-équiv. de K. On constate, pour une zéolithe donnée, qu'il y a *toujours* environ 0,42 gr.-équiv. de K qui entre en solution, et la quantité équivalente de Ca est fixée par la zéolithe. Nous appellerons la quantité de K entré en solution, exprimé en gr.-équiv., le *coefficient d'échange*, et le désignerons par a. Pour la même zéolithe et la même paire d'ions, ce rapport sera toujours constant; d'une zéolithe à l'autre, il variera avec la teneur en silice.

Si l'on répète à plusieurs reprises l'action d'un nouveau lot égal de zéolithes potassées sur la solution précédemment obtenue, l'effet quantitatif est le même. On obtient des résultats qui se trouvent dans le tableau suivant, pour l'échange de Ca contre K, et $a = 0,42$.

I. Nombre de lots de zéolithes contenant chacun 1 gr.-équiv. de K interchangeable.	II. Teneur en K de la solution après passage de ce lot de zéolithe, en gramme-équivalents. Calculé.	Trouvé.
1er lot....	$a = 0,42$	0,42
2e lot....	$a + a(1-a) = 2a - a^2 = 0,664$	0,66
3e lot....	$a + a(1-a) + a(1-a)^2 = 3a - 3a^2 + a^3 = 0,811$	0,808
....	....	.....
$x^{\text{ième}}$ lot..	$a[1 + (1-a) + (1-a)^2 + (1-a)^3 + \ldots + (1-a)^n] = 1$	

	III. Teneur en Ca résiduaire de la solution, en gramme-équivalents après passage de ce lot de zéolithes. Calculé.	Trouvé.
1er lot....	$1 - a = 0,58$	0,58
2e lot....	$1 - (2a - a^2) = (1-a)^2 = 0,336$	0,34
3e lot....	$1 - (3a - 3a^2 + a^3) = (1-a)^3 = 0,189$	0,185
....	....	.....
$x^{\text{ième}}$ lot..	$(1-a)^n = 0$	

La formule, d'ailleurs très générale, et vérifiée pour un certain nombre de paires d'ions et pour des zéolithes différents, telle qu'elle découle de la

colonne III de ce tableau, permet d'exprimer par une formule générale et simple, la quantité de zéolithe nécessaire pour transformer une solution d'un sel, en solution stœchiométriquement équivalente d'un autre sel. Nous procéderons comme pour le calcul d'un épuisement par extraction, en faisant mentalement notre opération sur la quantité de Ca qui est enlevée après chaque passage de la solution sur un lot de zéolither, jusqu'à épuisement presque complet du liquide en Ca.

L'épuisement total, comme l'indique d'ailleurs la colonne III du tableau, demanderait un nombre infini de passages; pour pouvoir calculer un résultat pratique, il faudra limiter le calcul pour un épuisement d'une valeur limitée. Si nous indiquons d'une façon générale par T la teneur résiduaire de l'ion à échanger, admise à rester dans le liquide, et par n le nombre de lots de zéolithes à teneur d'un gr.-équiv. de K, nous aurons

$$1 = \frac{T}{(1-a)^n} \qquad \text{et} \qquad n = \frac{\log T}{\log(1-a)}.$$

Les chiffres trouvés de la troisième colonne s'accordent fort bien avec les chiffres calculés. La formule qui les régit n'est autre qu'une formule d'épuisement par solvants, sous la forme d'un cas spécial, où chaque extraction répétée se fait à l'aide d'un liquide extracteur employé en quantité égale au liquide à extraire.

Cette méthode d'échange de bases peut aussi fort bien servir à la *purification* de sels minéraux ou organiques, et ainsi, indirectement, à la séparation de bases, même organiques. Pour ce faire, il suffit de saturer une zéolithe d'un sel pur, et de filtrer à travers cette zéolithe ainsi préparée une solution de sel accompagné d'impuretés.

La quantité de zéolithes nécessaire pour la purification d'un sel pourra être calculée à l'aide de la formule précitée modifiée selon le raisonnement suivant : Puisque ce n'est plus un gr.-équiv. entier que la zéolithe doit enlever de la solution, mais seulement la quote-part d'impuretés, et que nous voulons obtenir une solution finale très purifiée à teneur d'impuretés connue, notre formule sera la suivante : D'une façon générale, si I est la quantité totale d'impuretés contenues dans la solution, en gr.-équiv., et T la quantité totale tolérée d'impuretés en gr.-équiv., dans la solution finale, a étant le coefficient d'échange nous aurons :

$$I = \frac{T}{(1-a)^n}; \qquad \text{d'où} \qquad n = \frac{(\log T - \log I)}{\log(1-a)}.$$

Cette formule a été vérifiée à plusieurs reprises, notamment pour la purification du nitrate de cobalt industriel.

Il résulte de ce qui précède que la réaction d'échange de bases peut parfaitement se prêter à la préparation et la purification de sels. Le mécanisme de cette réaction est réglé par le même principe que celui qui règle l'extraction par solvants et dépend, comme celui-ci, de solubilités; dans le cas de l'échange de bases, la réaction est réglée par la solubilité des zéolithes présentes ou se formant au courant de la réaction même.

CHIMIE MINÉRALE. — *Réduction du cyanure de mercure par l'étain en présence de certains sels métalliques.* Note de M. **J. Golse**, présentée par M. A. Desgrez.

L'étain, qui est sans action sur les solutions neutres de cyanure de mercure, décompose cette substance lorsqu'elle se trouve associée avec certains sels. L'acide cyanhydrique est alors libéré et le mercure se sépare à l'état métallique; en même temps, de l'étain passe sous forme d'hydroxyde d'étain-II, $(HO)^2Sn$.

Cette décomposition peut être étudiée à partir d'une solution de cyanure de mercure et de chlorure de sodium à 1^g de chacun des deux sels pour 100^{cm^3}. Le liquide, agité avec 5^g d'étain en grenaille, se trouble rapidement et la réaction se poursuit jusqu'à complète destruction du cyanure.

Si l'on soumet la liqueur filtrée à l'action des divers réactifs des dérivés stanneux, on reconnaît qu'aucune trace d'étain n'est passée en solution. Par contre la présence d'hydroxyde, mélangé au mercure précipité, peut être aisément démontrée :

Le dépôt est agité avec 10^{cm^3} d'une dilution au dixième de lessive d'hydroxyde de sodium; on filtre. La solution obtenue renferme alors de l'étain sous forme de stannitealcalin. Neutralisée au moyen d'acide chlorhydrique, elle fournit les réactions caractéristiques des sels d'étain-II : coloration bleue avec le réactif sulfomolybdique, précipitation de bismuth réduit par addition de quelques gouttes de solution azotique d'azotate de bismuth, réduction du sublimé en chlorure de mercure-I, etc.

La réduction du cyanure de mercure par l'étain s'observe également lorsqu'on remplace le chlorure de sodium par les chlorures de potassium ou d'ammonium, les azotates alcalins au alcalino-terreux, les sulfates alcalins, de zinc ou de magnésium.

A ces sels s'opposent les bromures et les iodures alcalins ou alcalino-terreux, en présence desquels le cyanure de mercure reste inattaqué par l'étain.

La propriété que possède le cyanure mercurique de se combiner avec de nombreux sels métalliques permet d'interpréter ces faits :

1° On sait qu'à partir des chlorures alcalins, sels dont la présence favorise la réduction du cyanure mercurique par l'étain, on a obtenu des composés cristallisés, tels que $(CN)^2Hg, ClNa$, étudié par Brett et par Poggiale, et que Geuther a été amené à considérer comme des combinaisons d'un mercuricyanure alcalin avec du chlorure de mercure-II [1]. Avec le chlorure de sodium on aurait

$$2(CN)^2Hg, 2ClNa = Hg(CN)^4Na^2, Cl^2Hg.$$

La formation d'une telle combinaison, qui fait passer une partie du mercure à l'état de chlorure, a nécessairement pour effet de faire apparaître dans la solution des ions mercuriques. Au contact de l'étain, ils perdent leur charge électrique et se séparent à l'état métallique.

Les réactions qui s'effectuent dans la solution peuvent être représentées par les équations ci-après :

$$2(CN)^2Hg + 2ClNa = Hg(CN)^4Na^2, Cl^2Hg,$$
$$Hg(CN)^4Na^2, Cl^2Hg + Sn + 2H^2O = Hg(CN)^4Na^2 + (HO)^2Sn + Hg + 2CNH,$$

ce qui aboutit à

$$2(CN)^2Hg + 2ClNa + Sn + 2H^2O = (CN)^2Hg + 2ClNa + (HO)^2Sn + Hg + 2CNH.$$

Cet ensemble de réactions s'effectue jusqu'à ce que tout le cyanure de mercure soit décomposé; il ne reste en solution que l'acide cyanhydrique du cyanure et le chlorure de sodium mis en expérienee. Tout se passe en définitive conformément à l'équation

$$(CN)^2Hg + Sn + 2H^2O = (HO)^2Sn + Hg + 2CNH.$$

On doit invoquer la même théorie pour tous les sels, en particulier les azotates, les sulfates, dont la présence, dans les solutions de cyanure de mercure provoque sa réduction par l'étain. Cette décomposition tient à ce que ces sels, en se combinant avec le cyanure, mobilisent le mercure et le font passer à l'état de cations.

---

(1) Dictionnaire de Wurtz, 1, p. 1110.

2. Il est également facile d'expliquer pourquoi la réduction du cyanure mercurique par l'étain n'a pas lieu en présence des bromures et des iodures :

L'introduction d'un iodure alcalin dans une solution de cyanure de mercure, au lieu de donner des ions mercuriques, amène le mercure sous forme d'anions iodomercuriques, dans lesquels le métal se trouve dissimulé à la plupart de ses réactifs. C'est ainsi qu'avec l'iodure de potassium, on a

$$(CN)^2Hg + 4IK = HgI^4K^2 + 2CNH.$$

On en est averti par l'alcalinité que prend la solution du fait de l'hydrolyse du cyanure alcalin formé, en acide cyanhydrique et en hydroxyde alcalin, dont l'influence sur les indicateurs alcalimétriques, en particulier la phtaléine, est prédominante.

L'iodomercurate alcalin formé peut être lui-même mis en évidence : il suffit d'ajouter une solution d'un sel d'alcaloïde, par exemple, de sulfate de strychnine, ou une solution d'antipyrine, puis de faire disparaître, au moyen de quelques gouttes d'acide chlorhydrique, l'alcalinité due à l'hydroxyde du cyanure alcalin. Il se forme alors un précipité d'iodomercurate d'alcaloïde ou d'antipyrine, disparaissant par chauffage du mélange et se reformant par refroidissement.

Les bromures se comportent comme les iodures : ils donnent des anions complexes bromomercuriques et le cyanure échappe à l'action réductrice de l'étain.

La réduction du cyanure de mercure au moyen de l'étain, en présence de chlorures, d'azotates, de sulfates, fournit un procédé commode pour préparer extemporanément des solutions d'acide cyanhydrique, ne renfermant d'autre substance que le sel utilisé pour favoriser cette réduction.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la possibilité de détruire des quantités importantes de substances organiques au moyen de l'acide perchlorique*. Note de M. **Ernest Kahane**, présentée par M. A. Desgrez.

L'acide perchlorique hydraté du commerce (60 pour 100, d^e 1,61) est un produit stable qui ne manifeste guère, à froid, de propriétés oxydantes. Par contre, à sa température d'ébullition, 203°, il est un agent oxydant

d'une énergie extrême. Il a été utilisé à ce titre par Mears et Hussey [1], qui le proposèrent en 1921 en qualité d'adjuvant d'oxydation dans le dosage de l'azote par la méthode de Kjeldahl. En collaboration avec MM. Lematte et Boinot, j'ai ensuite utilisé un mélange d'acide perchlorique et d'acide sulfurique pour détruire, par quelques grammes à la fois, les tissus animaux dans lesquels je dosais les éléments fixes [2]. En associant l'acide perchlorique et l'acide nitrique, j'ai pu améliorer la technique de destruction et réaliser en outre une oxydation quantitative du soufre, que j'ai appliquée à l'étude du caoutchouc [3], puis de diverses substances biologiques [4].

L'acide perchlorique paraît être l'agent le plus efficace de destruction de la matière organique que nous possédions, et je me suis proposé de rechercher dans quelle mesure il pourrait être utilisé en toxicologie où la destruction de quantités importantes de viscères constitue un problème essentiel.

On sait l'intérêt qu'attachent les toxicologues à l'emploi d'une quantité de réactifs aussi faible que possible, afin de diminuer l'importance des inévitables traces d'impuretés qu'ils apportent. Aussi, indépendamment du souci d'économie, y avait-il un intérêt majeur à utiliser le moins possible d'acide perchlorique.

Or j'ai récemment insisté [5] sur la nécessité, pour éviter tout danger dans la pratique de l'oxydation nitro-perchlorique, d'opérer en présence d'un excès d'acide perchlorique. En essayant de concilier cette condition avec le principe toxicologique d'économie de réactifs, j'ai enregistré, par l'emploi exclusif d'acide nitrique et d'acide perchlorique, des incidents qui m'ont incité à rechercher une technique plus facile à suivre.

Il est évident que si l'acide perchlorique est introduit auprès de la matière à oxyder goutte à goutte, et dans des conditions telles que la réaction se produise au fur et à mesure de l'accès du réactif, tout danger d'accumulation et, par suite, tout risque de déflagration se trouve écarté. Comme l'acide perchlorique ne réagit qu'à température élevée, il faut pouvoir chauffer

(1) Mears et Hussey, *Journ. Ind. and Eng. Chem.*, 13, 1921, p. 1054.

(2) Lematte, Boinot et Kahane, *Journ. Pharm. Chim.*, 8e série, 5, 1927, p. 325 et 361.

(3) Kahane, *Caoutchouc et gutta-percha*, 24, 1927, p. 13549.

(4) Lematte, Boinot et Kahane, *C. R. Soc. Biol*, 116, 1927, p. 1211.

(5) Lematte, Boinot, Kahane et Mme M. Kahane, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1459.

préalablement la matière à oxyder; il faut également la présenter dans un état aussi divisé que possible à l'action de l'agent oxydant, et pour que le procédé soit utilisable en toxicologie, il faut pouvoir éviter que le milieu ne devienne jamais réducteur.

Ces conditions se trouvent réalisées grâce à une attaque nitro-sulfurique préalable qui oxyde les substances attaquables par l'acide nitrique et permet au reste de la matière organique de se trouver désagrégée au sein de l'acide sulfurique. Vers la fin de l'élimination de l'eau et de l'excès d'acide nitrique, la température atteinte par la liqueur sulfurique (180-190°) est suffisante pour que l'acide perchlorique, amené goutte à goutte, réagisse instantanément en provoquant progressivement la destruction intégrale de la matière organique.

Cette technique, dont les détails paraîtront dans un autre Recueil, a été appliquée avec succès à la destruction des principaux tissus animaux : foie, reins, poumons, cervelle, cœur, intestins, estomac, rate, muscle, tissu adipeux. L'opération, effectuée sur 200^{g} de matière fraîche, dure de 1 heure 15 à 1 heure 30. Elle est bien plus rapide encore lorsqu'on peut opérer sur un produit desséché. Une quantité beaucoup plus importante de substance peut être traitée sans inconvénients en une seule opération, à condition de disposer de récipients d'une capacité suffisante. J'ai pu détruire, en opérant dans un ballon de 3^{l}, les viscères (1450^{g}) d'un chien de 10^{kg}.

Le problème de la destruction intégrale de quantités importantes de matières organiques d'origine animale peut donc être résolu grâce à l'emploi de l'acide perchlorique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le dédoublement des éthers-sels par les alcools en milieu faiblement alcalin.* Note de M. **E.-M. Bellet**, présentée par M. A. Béhal.

M. A. Béhal (*Bulletin de la Société chimique*, 4ᵉ série, 15, p. 565) a signalé l'action de dédoublement qui se produit quand un alcool à poids moléculaire faible se trouve en présence d'éthers-sels dérivés d'alcools supérieurs, en milieu alcalin.

Nous avons repris l'étude de cette réaction de façon à déterminer si possible quels en étaient les différents facteurs.

Nous avons commencé notre travail en généralisant cette réaction, et ceci

en traitant des éthers-sels résultant de l'éthérification d'alcools différents par des alcools à poids moléculaire également différents.

Toutes ces réactions sont effectuées en présence de soude, mais en quantité très faible ne correspondant nullement à la quantité théoriquement nécessaire à la saponification normale.

Cette étude nous a été grandement facilitée par la méthode d'isolement et de caractérisation des alcools au moyen de leurs éthers allophaniques, signalée par A. Béhal.

Dans un tube scellé nous avons introduit 75g d'acétate de benzyle, 300g d'alcool absolu additionné de 5cm³ de soude normale.

Le tout a été maintenu 3 jours au bain-marie à l'ébullition.

A l'ouverture du tube on perçoit une forte odeur d'acétate d'éthyle.

La distillation fractionnée fournit :

1° Une portion A de forte odeur d'acétate d'éthyle d'environ 318g, bouillant de 74 à 81°, contenant l'excès d'alcool et l'acétate d'éthyle produit dans la réaction.

2° Une portion B commençant à distiller vers 204°. Avant distillation, cette portion est lavée à l'eau, séchée et rectifiée. On obtient ainsi environ 55g d'un liquide bouillant à 204-206°. Cette portion peut contenir l'alcool benzylique et l'acétate de benzyle non décomposé. La portion A est étendue d'eau afin de séparer l'alcool ordinaire de l'acétate d'éthyle, épuisée à l'éther et la portion éthérée rectifiée. On obtient dans ces conditions 34g environ d'acétate d'éthyle bouillant à 74°.

La portion B est traitée par un courant d'acide cyanique obtenu en dépolymérisant par la chaleur l'acide cyanurique. On obtient un magma cristallisé qui, lavé plusieurs fois à l'éther, fournit un résidu solide (allophanate de benzyle) et une solution éthérée. Le résidu saponifié par l'eau bouillante et entraîné à la vapeur d'eau nous a donné 41g d'alcool benzylique bouillant à 206°. La solution éthérée, lavée à l'eau, séchée et distillée a donné 14g environ d'acétate de benzyle bouillant également à 206°.

On voit donc que, dans cette réaction, 80 pour 100 environ de l'acétate de benzyle mis en œuvre a été transformé en acétate d'éthyle avec mise en liberté d'alcool benzylique.

Nous avons obtenu des résultats sensiblement identiques en traitant de la même manière différents éthers-sels par l'alcool et en milieu aussi faiblement alcalin.

Nos différents essais ont porté sur l'acétate d'hexyle, le benzoate de benzyle, le salicylate de benzyle, l'acétate de cinnamyle, etc.

Dans toutes ces réactions et dans les conditions de l'expérience, le dédoublement de l'éther-sel par l'alcool est presque toujours du même ordre et atteint environ 80 pour 100.

Nous avons ensuite fait agir des alcools différents sur un même éther-sel,

l'acétate de géranyle. Nous avons constaté que la réaction s'effectue encore mais que les rendements sont différents selon l'alcool employé.

25^g d'acétate de géranyle ont été à chaque fois chauffés 36 heures à 100° avec 200^g d'alcool additionné de 2^{cm^3},5 de soude alcoolique normale. Dans ces conditions, chauffé avec l'alcool méthylique, on obtient finalement 13^g,6 de géraniol, soit 72 pour 100; avec l'alcool éthylique 12^g,9 de géraniol, soit 68 pour 100; avec l'alcool butylique 8^g,3 de géraniol, soit 44 pour 100, et enfin avec de l'alcool benzylique seulement 2^g,7 de géraniol, soit 14 pour 100.

Il semble donc nettement démontré que la réaction de dédoublement est d'autant plus facile que l'alcool mis en œuvre est à poids moléculaire le plus faible ou le plus éloigné possible du poids moléculaire de l'alcool combiné de l'éther-sel.

La fonction alcoolique de l'alcool de l'éther primaire, secondaire ou tertiaire joue un rôle important.

En effet, en opérant exactement dans les mêmes conditions (36 heures de chauffe au bain-marie), 25^g d'acétate de linalyle ont conduit à 14,6 de linalol, soit 72 pour 100, tandis que 25^g d'acétate de géranyle fournissaient seulement 9^g,5 de géraniol, soit 50 pour 100.

Il semble donc, toutes choses égales d'ailleurs, qu'un éther-sel d'alcool tertiaire soit plus sensible qu'un éther-sel d'alcool primaire.

Comme l'ont déjà montré les expériences précédentes, la proportion d'éther-sel décomposé varie avec le temps et la température.

A la température ordinaire elle est très faible. Un essai de 75^g d'acétate de benzyle additionné de 300^g d'alcool et de 2^{cm^3},5 de NaOH alcoolique normale, conservé pendant 20 mois, n'a donné que 2^g,1 d'alcool benzylique, soit 4 pour 100 environ.

Mais si la température augmente, la réaction s'achève rapidement. Un essai identique, maintenu 8 jours à 50°, a donné 3^g,2 d'alcool benzylique, soit 6 pour 100, tandis qu'à 75°, également pendant 8 jours, un autre essai identique donnait 17^g,8 d'alcool benzylique, soit 33 pour 100.

En résumé :

Il semble démontré que toutes les fois qu'un éther-sel dérivé d'alcool à poids moléculaire élevé se trouve en présence d'un alcool à poids moléculaire plus faible en milieu légèrement alcalin, il y a entre ces deux alcools une transposition mettant en liberté l'alcool à poids moléculaire élevé.

Cette réaction semble très générale. Elle est d'autant plus nette que la différence entre les poids moléculaires des deux alcools mis en jeu est la plus élevée. Elle est d'autant plus rapide lorsque la fonction de l'alcool combiné

est tertiaire que secondaire ou primaire. Enfin elle est fonction du temps et de la température.

Nous nous proposons d'ailleurs de poursuivre cette étude et de rechercher si cette réaction n'est pas susceptible d'une plus grande généralisation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le mode d'action des catalyseurs hydrogénants et mixtes dans le cracking hydrogénant des phénols.* Note de MM. **André Kling** et **Daniel Florentin**, présentée par M. Matignon.

Nous avons indiqué (¹) que les catalyseurs déshydratants, convenablement activés par chauffage à une haute température, transformaient d'une façon satisfaisante les phénols en hydrocarbures benzéniques, en présence d'hydrogène sous haute pression, et à des températures comprises entre 470° et 490°.

Il existe cependant d'autres catalyseurs susceptibles de déterminer le départ du groupement hydroxylé des phénols : ce sont les catalyseurs hydrogénants du type oxyde de nickel, ainsi que les oxydes métalliques, doués également de propriétés hydrogénantes, tels que les oxydes de molybdène (MoO^3, Mo^2O^5). Toutefois le mode d'action de ces derniers catalyseurs est fort différent de celui des premiers.

Si, en effet, on chauffe le phénol ordinaire, en présence de NiO ou de Mo^2O^5 et d'un excès d'hydrogène (10 à 12 pour 100 du poids du phénol), on transforme intégralement, après 40 à 50 minutes, le phénol en hydrocarbures légers, de faible densité, constitués en majeure partie par de l'hexane et du cyclo-hexane, résultant de l'hydrogénation totale des doubles liaisons du noyau benzénique.

En réalité ce type de catalyseur détermine la transformation du phénol en cyclohexanol qui, instable à la température à laquelle on opère, se transforme en cyclohexane, et même en hexane, par ouverture de la chaîne cyclique.

C'est ainsi que les hydrocarbures obtenus en utilisant Mo^2O^5 et un excès d'hydrogène possèdent les caractères suivants :

Fraction principale (80 pour 100):

$$\text{P. E.} = 78\text{-}79^\circ; \quad D_{15} = 0,804; \quad N^D_{16} = 1,4508$$

Cette fraction est constituée par 25 pour 100 de benzène et 75 pour 100

(¹) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 859.

de cyclohexane. L'oxyde de nickel fournit des hydrocarbures encore plus légers $D_{15} = 0,760$, riches en hexane.

En employant l'alumine activée la fraction principale des hydrocarbures possède les caractères suivants :

$$P.E. = 78\text{-}82°; \quad D_{15} = 0,868; \quad N_{20}^{D} = 1,4903.$$

Elle est constituée par du benzène souillé d'une très petite quantité de cyclohexane.

Bien entendu, si, au lieu d'utiliser un excès d'hydrogène, on ramène le pourcentage de H^2 à 4 pour 100, on obtient, même en opérant avec les oxydes de molybdène, les hydrocarbures plus lourds; l'hydrogénation des doubles liaisons ne pouvant s'effectuer, mais la vitesse de la réaction est bien moins considérable et la transformation du phénol est incomplète.

Si par contre on utilise, même en présence d'un excès d'hydrogène, l'oxyde bleu de Mo, activé par un chauffage prolongé à 500°, le pouvoir déshydratant proprement dit de cet oxyde est accru au détriment de son pouvoir hydrogénant, et la densité des hydrocarbures obtenus s'élève.

Enfin on obtient d'excellents résultats en utilisant des catalyseurs déshydratants, préalablement activés par la chaleur et additionnés d'une petite quantité de Mo^2O^5 (5 à 10 pour 100); dans ces conditions, même en présence d'un excès d'hydrogène, on obtient une transformation rapide et totale du phénol en hydrocarbures très riches en benzène ($D_{15} = 0,840$ à 0,850). C'est ce type de catalyseur qui nous paraît de beaucoup préférable pour transformer les phénols et corps hydroxylés en hydrocarbures benzéniques.

Résultats numériques obtenus dans une bombe de laboratoire de 2 litres.

Catalyseur.	H^2 pour 100.	Température max.	Durée de la réaction.	Pression max. (kg/cm²).	Rendement pour 100 en hydrocarbures légers.	Densité des hydrocarbures à 15°.
Cyclohexanol sans catalyseur..	9,0	475°	60m	320	total	0,760
Mo^2O^5....................	3,9	500	60	245	39,5	0,849
Mo^2O^5....................	11,5	490	60	298	72,0	0,804
MoS^2......................	9,0	480	60	290	59,5	0,821
Al^2O^3 act. + Mo^2O^5 10 %.....	»	490	180	304	65,5	0,840
$Al^2O^3 + Cr^2O^3 + Mo^2O^5$ 10 %.	»	488	50	240	64,25	0,845
$NiO + Al^2O^3$ activés.........	»	472	50	288	56,0	0,792
$ThO^2 + Mo^2O^5$ 10 % activés..	»	478	100	296	60,5	0,838

GÉOLOGIE. — *Constitution géologique du Tibesti : Le substratum antécambrien.* Note de M. **Dalloni.**

Les formations les plus anciennes du Tibesti sont constituées par un complexe de terrains éruptifs et sédimentaires dans lequel on peut établir deux subdivisions.

1° Une série profonde, qui comprend essentiellement des roches cristallines de divers types. L'une des plus communes est un *granite monzonitique* à grands cristaux de microcline ([1]), qui se désagrègent facilement et demeurent épars sur le sol, ce qui donne un reg d'aspect très particulier (plateau du Djebel Arabi, Turkou). Ce granite normal à biotite devient amphibolique en bien des points (soubassement de Kemet, vallée de Miski, etc.); ailleurs, c'est un granite à deux micas, parfois surtout riche en muscovite (Ehi Bou). Partout très altérées, sur une épaisseur notable, ces roches granitiques offrent, sur le bord des dépressions, une topographie ruiniforme, la physionomie bien connue des chaos de blocs arrondis.

Des *granodiorites* passent à de véritables *diorites quartziques*, contenant toujours une proportion assez considérable de quartz et, fréquemment, de beaux cristaux de grenat; elles constituent de petits massifs à la lisière nord et dans la partie centrale du Tibesti.

Dans les mêmes zones affleurent de longues traînées de schistes micacés très friables, presque exclusivement formés par des lamelles de biotite qui, parfois, se concentrent en phénoblastes; des schistes micacés à staurotide ou à sillimanite; des phyllades et des schistes satinés à amphibole palmée; des amphibolites, généralement feldspathiques et grenatifères, qui jouent un rôle important. Des quartzites micacés glanduleux, très durs et compacts, donnent lieu à des gorges imposantes (Daharson) et des conglomérats assez puissants s'y intercalent (enneri Kahor). Enfin, des cipolins dessinent des lentilles étroites à divers niveaux, mais ces roches, entièrement transformées en calcite, ne paraissent pas renfermer de silicates.

L'enrichissement en amphibole des granites de la région paraît être en rapport avec la digestion, par le magma granitique, de sédiments plus ou moins calciques; l'auréole des massifs éruptifs est en effet localement formée, près des contacts, par des cornéennes à pyroxène et amphibole, des épidotites et des grenatites (Ehi Bou, Dohozano, Miski).

([1]) Le même type de granite porphyroïde est largement développé dans l'Afrique occidentale et équatoriale française.

Il n'existe pas de véritables gneiss, malgré l'aspect rubané de toutes ces roches; M. A. Lacroix a déjà montré (1), pour celles que le Colonel Tilho avait recueillies dans la vallée de Miski à l'état de blocs et que j'ai retrouvées en place un peu partout, que ces pseudo-gneiss sont, en réalité, des granites à épidote et des diorites quartzifères pressés, avec tous les termes possibles de structure cataclastique, sans qu'il y ait eu de recristallisation notable. Quand elles sont complètement écrasées, ces roches laminées deviennent des mylonites et la structure originelle n'y est plus discernable. Ces remarquables effets dynamométamorphisme, en relation avec des phénomènes tectoniques, peuvent s'observer partout où les vieux terrains sont venus au jour; éruptifs ou sédimentaires, ceux-ci s'alignent en longues bandes orientées NNE-SSW plissées d'une façon intense.

De nombreux filons traversent ces terrains; ils sont formés de pegmatite à grandes plages de mica blanc; la variété graphique est commune et les minéraux accidentels sont habituellement la tourmaline et le grenat (enneris Brou, Tarka, etc.). On rencontre aussi des microgranites, des aplites et des microdiorites finement grenues, en filons minces, du quartz taché par la chlorite, l'oxyde de fer ou plus rarement des traces de chalcosine avec des veinules de covelline.

2° Une seconde série comprend surtout des dépôts sédimentaires, schisto-gréseux, à faciès beaucoup moins métamorphique, et pincés dans les synclinaux du substratum, avec lequel ils ont été plissés. Les schistes prédominent, donnant des régions très ravinées, mais d'accès facile (Dohozano, Bardagué, enneri Modrounga); argileux, gris verdâtre, compacts, ils deviennent chloriteux ou bien ils se présentent en couches rougeâtres, violacées. Dans l'enneri Kahor, ils sont, par places, subardoisiers, ampéliteux et prennent une ressemblance singulière avec les schistes carburés typiques.

Des grès en bancs puissants alternent avec les schistes; gris ou verdâtres, parfois rosés, tendres; leur composition peut être celle de véritables arkoses; ils arrivent à être très grossiers et passer à un poudingue à petits éléments (Toudoufou). Ces crêtes rocheuses, dans les chaînons de faible relief qui séparent les vallées, indiquent la direction réelle des strates; il en est de même pour des marbres, à pâte fine ou saccharoïde, rosée ou verte, qui émergent comme des bosses alignées en grains de chapelet, avec l'allure de « calcaires amygdalins ». Il faut mentionner encore d'innombrables filons de quartz.

---

(1) A. Lacroix et Tilho, *Comptes rendus*, 168, 1919, p. 1169.

Le pendage des assises oscille autour de la verticale et, sur le flanc des ravins, se dessinent les charnières d'une infinité de plis serrés et parallèles, parfois déversés, qu'on peut suivre sur de longues distances et qui sont toujours orientés, dans l'ensemble, du Nord au Sud.

Les grès siluriens, en complète discordance, généralement subhorizontaux et transgressifs, recouvrent cette formation, qu'on peut classer dans l'Algonkien en admettant la lacune du Cambrien; ainsi fait-elle partie du domaine de la chaîne huronienne.

En somme le substratum du Tibesti présente une analogie de constitution frappante avec les formations anciennes couvrant d'immenses espaces dans les pays voisins, où l'on a signalé (mais associés parfois à des gneiss et des micaschistes) les mêmes granites, diorites et roches filoniennes, souvent modifiés par des déformations mécaniques, ainsi que des schistes et des grès; on note cependant au Tibesti quelques particularités intéressantes, telles que la présence d'accidents calcaires, au moins fort rares dans l'ouest de l'Afrique et le bassin du Tchad.

D'autre part la tectonique de ces vieux massifs est très uniforme : les plissements du Tibesti sont parallèles à ceux de l'Ouadaï; ils se poursuivent au Nord dans le Fezzan; on les retrouve dans l'Adrar des Iforas et, sous les grès siluriens des Tassili enveloppant le noyau ancien de l'Ahaggar, la même série se présente avec des caractères structuraux identiques.

GÉOLOGIE. — *La ligne côtière d'âge post-néolithique dans le Xu-Nghê et dans les Trois-Quang du Nord (Annam, Indochine française).* Note de M. **H. Le Breton**, présentée par M. Ch. Jacob.

J'ai signalé (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 806), la présence, dans le Xu-Nghê (provinces actuelles de Nghê-An et de Ha-Tinh), de quinze lambeaux de terrasses marines à coquillages subfossiles et la découverte de tessons de poterie du Néolithique supérieur dans les conglomérats à *Placuna placenta* des couches supérieures de la terrasse de Duc-Lâm, découverte entraînant l'hypothèse que le mouvement qui est à l'origine de la formation géologique récente des plaines littorales de ce pays s'est produit dès après le Néolithique.

Aujourd'hui je viens indiquer la trouvaille, dans le pays des Trois-Quang du Nord (provinces de Quang-Binh, Quang-Tri et Quang-Duc),

prolongement méridional de Xu-Nghê, de trois témoins de l'ancienne ligne de rivage, témoins de même composition que les précédents. Deux se situent sur la flèche littorale de la lagune de Huê, à savoir : un gisement avec *Placuna placenta* que j'ai découvert dans la tranchée creusée par un ruisseau dans les argiles de Diêm-Truong et un banc coquiller à Phu-An, rappelant celui de Phu-Diên (Xu-Nghê). Le troisième témoin correspond à des coquilles d'*Ostrea Forskali* fixées sur le granite qui borde la lagune d'An-Cu. Ces trois témoins sont situés à l'altitude de 2^{m}, leur limite orientale est à une distance de la mer qui n'excède pas 1^{km}.

A ces trois lambeaux de terrasses marines ou de traces d'une ancienne ligne de rivage, s'ajoutent, dans la même position, quatre lambeaux situés dans le Xu-Nghê, à savoir : Ngoc-Huy, Phuong-Cân (deux villages voisins), Phu-Diên, Ba-Giap, Hai-Thanh et Van-Lôc (Thuong-Xa). La surface de la terrasse de Hai-Thanh occupe actuellement la cote 8^{m} ; les autres gisements portent les cotes 1 à 2^{m}.

Les témoins d'une ancienne ligne de rivage dont il vient d'être question s'échelonnent sur 450^{km} ; tous, ils se trouvent à peu près à la même distance du rivage actuel. Ils sont dans une tout autre position que le lambeau de terrasse de Duc-Lâm, situé à 13^{km} dans l'intérieur des terres. Cependant, il est difficile de ne pas les considérer comme contemporains de celui-ci, car, dans la même position que nos lambeaux côtiers, le R. P. Henry de Pirey a découvert une station préhistorique du Néolithique indochinois le plus évolué, s'élevant à la cote 2^{m}. Cette station a été étudiée par M. E. Patte [1].

Nous disposons donc de sept points de repère pour tracer la ligne côtière établie dès après la phase de surrection dont il a été question plus haut. La conclusion qui se dégagerait de ces trouvailles serait que la côte du Xu-Nghê et des Trois-Quang aurait été régularisée par le fait même d'un mouvement épirogénique récent. A la ligne côtière post-néolithique ainsi créée on ne saurait adjoindre qu'une marge externe, n'atteignant pas en largeur plus de 1^{km} en moyenne et constituée par des apports marins postérieurs et même très récents ; ce que confirmeraient mes recherches d'ordre historique (dates de fondation de villages, en particulier). Cette marge externe est surmontée par des dunes plus récentes encore.

---

(1) *Le Kjökkenmödding néolithique du Bau-Tro à Tam-Toa, près de Dông-Hoi (Annam)* (*Bull. Serv. Géol. de l'Indochine*, 14, fasc. I, 1925).

D'après la position des lambeaux de terrasses jusqu'ici reconnus dans les deux pays du Xu-Nghê et des Trois-Quang, comment retracer l'histoire de l'évolution géologique récente de ces deux pays ? En l'état actuel de mes connaissances, voici ce qui me paraît probable :

Le Xu-Nghê et les Trois-Quang se divisent, topographiquement, en trois parties, à peu près parallèles entre elles, ainsi qu'au rivage actuel :

a. Un talus occidental situé au pied des derniers mamelons de la grande chaîne, où affleurent des lambeaux de terrasses marines à coquillages subfossiles soulevés à l'altitude de 7 à 18^{m};

b. Un talus oriental situé le long de la côte actuelle, avec des lambeaux analogues aux précédents, mais dont la surface occupe actuellement des cotes variant entre 1^{m} et 8^{m};

c. Une dépression médiane, parcourue par des « canaux » naturels parallèles au rivage et déterminée par des zones à palétuviers dont la cote est inférieure au zéro des cartes. Chacune des dépressions marquerait l'emplacement d'une ancienne lagune aujourd'hui colmatée. C'est ce que tendraient à démontrer deux faits, à savoir : la découverte que j'ai faite d'une tourbière à Câm-Truong, près du « canal » de Vinh, et l'argile tourbeuse traversée entre les cotes — 19,60 et — 23,10 lors du forage du puits de la gare de Phu-Diên. Une lagune subsiste encore dans la région de Huê, mais elle serait le témoin de celle qui, dès après l'émersion des Trois-Quang, recouvrait la plus grande partie du Quang-Tri et du Quang-Duc.

Au Néolithique, nos deux pays étaient des golfes s'avançant, à l'Ouest, jusqu'à la région montagneuse. Suivant la corde de l'arc de chacun de ces golfes, se seraient édifiées des barres sous-marines, formant la bordure orientale de la plate-forme continentale. Par le fait même du soulèvement postérieur, ces bourrelets auraient constitué des flèches littorales, isolant des lagunes. A une côte découpée aurait succédé une côte rectiligne, constituée par les anciennes barres devenues flèches littorales. Cette nouvelle côte, maintenue en équilibre depuis son émersion, ne serait suivie que d'une marge relativement minime d'apports marins postérieurs, masquée en grande partie par des dunes très modernes.

BOTANIQUE. — *Sur la signification morphologique du stigma des zoospores et des zoogamètes chez les Hétérokontes et les Phéophycées.* Note de M. **Chadefaud**, présentée par M. L. Mangin.

La question du stigma des organismes flagellés a fait l'objet, au cours de ces dernières années, de nombreuses discussions. Les observations que j'ai pu faire à ce sujet m'ont conduit à reconnaître que cet organite doit être rattaché au plastidome, conformément à la théorie classique. Toutefois, le stigma n'est jamais un carotinoplaste. C'est un organite élaboré par un plaste, mais bien distinct de ce dernier, avec lequel il a des rapports rappelant ceux d'un pyrénoïde, par exemple. D'autre part ce n'est pas non plus un simple cristal de carotine, mais un corpuscule par lui-même incolore, que j'appellerai *leucostigma*, imprégné secondairement de pigments caroti-noïdes, conformément à la théorie émise dès 1910 par Alexeieff au sujet des Eugléniens à stigma incolore (Astasines). Ces conclusions ont été déduites d'observations relatives aux zoospores et aux zoogamètes de diverses Algues, ainsi qu'à quelques Flagellates. Je rapporterai dans cette Note les plus remarquables des observations relatives aux Hétérokontes et aux Phéophycées.

1. L'étude de la formation d'un sporange à deux zoospores de *Miscrococcus confervicola* montre trois choses : *a*. Le stigma de chaque zoospore se forme sur la face externe d'un chloroplaste pariétal, coincé entre celui-ci et la paroi du sporange; dans ces conditions, il est extrêmement probable qu'il est élaboré par le chloroplaste; *b*. Sur les quatre chloroplastes du sporange, deux seulement deviennent stigmatifères, et ce sont ceux contre lesquels s'appuient les noyaux des futures zoospores : le plaste élabore donc un stigma par suite de l'influence qu'exerce sur lui soit le noyau, soit quelque centre cinétique juxta-nucléaire; *c*. Enfin, lors de son apparition, le stigma est un corpuscule oblong, réfringent et incolore, un leucostigma, qui ne se pigmente qu'ultérieurement. Ces trois constatations conduisent directement à l'interprétation que je viens de donner du stigma des organismes flagellés.

2. Toutes les fois qu'on suit le développement du stigma des zoospores des Hétérokontes ou des Phéophycées (et cela est également vrai des Isokontes), on le voit naître à la surface externe d'un plaste chlorophyllien, et il occupe souvent une position déterminée sur ce dernier, ce qui prouve bien qu'il en dépend directement. Chez *Tribonema bombycina*, par exemple,

il est porté par l'extrémité antérieure d'un des chloroplastes, et cette localisation vers l'extrémité du plaste porteur se retrouve chez diverses Phéophycées. Mais nulle part les faits ne sont aussi précis que dans le genre *Mesogloia*.

Dans les sporanges uniloculaires de ces derniers, on voit en effet, le phéoplaste unique de chaque zoospore en formation s'étrangler en son milieu, comme s'il allait se diviser. Toutefois, les deux moitiés ne se séparent pas. C'est quand le plaste s'est ainsi étranglé que le stigma apparaît à sa surface, sur l'une des deux moitiés, et dans la région de celle-ci qui avoisine l'étranglement. Cette précision dans l'évolution des phénomènes morphologiques ne laisse guère de doutes sur le mode de génération du stigma aux dépens du phéoplaste.

Chez *Tribonema* comme chez *Mesogloia* on peut d'autre part reconnaître l'existence d'un leucostigma portant le pigment orangé. En effet, le stigma des *Tribonema* est quelquefois remarquablement pâle, et celui des *Mesogloia* a son centre incolore, le pourtour seul étant franchement carotinifère.

3. Le cas des spermatozoïdes des Phéophycées est plus difficile à débrouiller, parce qu'à première vue on n'y observe pas de plaste sigmatifère. Toutefois, il rentre dans la règle commune.

Chez les *Fucus* en effet, Mangenot (Thèse, Paris, 1922) a montré que chaque spermatozoïde en formation contient un plaste complètement dépigmenté, à l'état mitochondrial, et que c'est de celui-ci que dérive ensuite le stigma. Mais le processus n'a pu être suivi sur le vivant, et les rapports exacts du plaste et du stigma n'ont pas été déterminés. J'ai cherché à combler cette lacune en suivant vitalement l'évolution des spermatozoïdes de *Cutleria multifida*, dont le stigma, à l'état adulte, est identique à celui des *Fucus*.

Il m'a paru que, chez *Cutleria*, dans les jeunes anthéridies, les phéoplastes ne se dépigmentent pas complètement : on arrive en effet presque toujours à distinguer, dans chaque spermatide, un bâtonnet verdâtre, plus ou moins fusiforme, qui représente le plaste très réduit. Le stigma apparaît à la surface de ce fuseau verdâtre, sous la forme d'une bandelette orangée allongée selon l'un des méridiens. Il est donc engendré par le plaste, et distinct de celui-ci, selon la règle générale. Ultérieurement, le plaste grossira quelque peu et deviendra lenticulaire, en même temps qu'il se chargera de chlorophylle et de pigments carotinoïdes et deviendra jaune vert. Le stigma grossira et s'allongera, de façon à constituer un liséré orangé encerclant ce plaste.

Le point oculiforme du spermatozoïde des *Cutleria* et des *Fucus* peut donc être interprété comme constitué par un chromoplaste lenticulaire encerclé par un stigma filiforme. Cela rappelle ce qu'on observe chez certains *Monas*, où le stigma est un liséré orangé bordant la partie antérieure d'un petit chloroplaste discoïde jaune vert, d'ailleurs très pâle.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence du rapport* $\frac{\text{potasse}}{\text{azote}}$ *sur le développement du caféier pendant la première période de végétation.* Note de M. **Théodureto de Camargo**, présentée par M. Molliard.

L'alimentation minérale du caféier pendant la première période de croissance a fait l'objet d'une série de recherches à l'Institut Agronomique de l'État de Sao Paulo; nous résumerons ici les principaux résultats obtenus.

Ces expériences réalisées soit en vases avec des terres très pauvres en azote, acide phosphorique et potasse, soit en milieux synthétiques liquides ont été contrôlées par des essais en champs expérimentaux.

Dans ces conditions, on observe que le phosphore est l'élément dont l'influence est la plus marquée sur le développement des racines, des tiges et des feuilles; ajouté en excès, il ne provoque aucune action nocive sur la croissance des plantes. Il n'en est pas de même de la potasse et de l'azote; ceux-ci ne peuvent pas être donnés arbitrairement. Voici, en effet, les résultats d'une série d'expériences réalisées dans des vases contenant 30^{kg} de terre rouge maintenue à un taux constant d'humidité.

Le premier groupe a reçu $5^g,630$ d'acide phosphorique sous forme de superphosphate, $1^g,06$ d'azote à l'état de sulfate d'ammoniaque et des doses variables de potasse : $3^g,792$ dans une série, $1^g,896$ dans l'autre; dans le second groupe, l'acide phosphorique, $11^g,26$, et la potasse, $7^g,584$ restant constants, les doses d'azote ont été respectivement de $2^g,120$ à $0^g,580$.

Les plantules, de $0^m,10$ de longueur, furent choisies le plus uniformément possible; au bout de 20 mois, on pesa séparément dans chaque série et dans chaque groupe les racines, les rameaux, le tronc et les feuilles. Les résultats obtenus furent les suivants :

	Premier groupe.		Deuxième groupe.	
	Première série: K^2O = 3g,792.	Deuxième série: K^2O = 1g,896.	Première série: N = 2g,120.	Deuxième série: N = 0g,530.
Racines	48g,96	82g,81	48g,46	9g,56
Rameaux	15,95	25,17	15,2	3,46
Tronc	23,10	41,54	25,44	7,21
Feuilles	63,28	82,81	61,14	17,78

Il résulte des nombres de ce tableau que lorsque la quantité d'azote est constante comme dans les vases du premier groupe, l'augmentation de la potasse au delà d'une certaine limite produit une diminution marquée de la récolte ; de même, la quantité de potasse restant fixe dans le second groupe, la diminution de l'azote se traduit par un abaissement de la production. On met ainsi en évidence l'interdépendance de ces deux éléments.

En répétant ces expériences avec des solutions nutritives renouvelées chaque semaine et disposées dans des vases de pyrex de telle façon que la solution soit constamment en mouvement, nous avons constaté que jusqu'à 18 mois, le rapport $\frac{K^2O}{N}$ optimum pour le caféier (*Coffea arabica* L.) est compris entre 0,5 et l'unité.

La solution contenait par litre : phosphate monopotassique, 0g,12 ; chlorure de potasse, 0g,1233 ; sulfate de magnésie, 0g,5 ; nitrate de chaux, 0g,25 et des traces de chlorure ferrique. On ajoute dans chaque série des doses variables de nitrate d'ammoniaque de façon à rendre le rapport $\frac{K^2O}{N}$ égal à 2 — 1 — 0,5 — 0,333. L'acidité fut déterminée électrolytiquement au début et à la fin de chaque semaine ; elle variait de pH = 6,27 à pH = 4,5. Après 7 mois de végétation on a obtenu les résultats suivants, calculés par plante :

	Première série.	Deuxième série.	Troisième série.	Quatrième série.
Nitrate d'ammoniaque	0g,08	0g,257	0g,5985	0g,9401
Rapport $\frac{K^2O}{N}$	2	1	0,5	0,333
Racines	0,942	1,550	0,971	0,986
Tiges	2,228	3,386	2,871	2,257
Feuilles	7,443	9,600	8,886	7,971
Total	10,614	14,536	12,728	11,214

L'analyse minérale des plantes en expérience montre la répercussion de la variation du rapport $\frac{K^2O}{N}$ sur la composition des cendres.

D'une façon générale le maximum des éléments minéraux dans les différents organes coïncide avec le maximum du poids de la plante; exception faite pour la potasse qui diminue dans la tige, à mesure que la quantité d'azote augmente dans le milieu de culture.

La détermination de quelques principes immédiats contenus dans les feuilles a donné les résultats suivants :

	Première série. $\frac{K^2O}{N} = 2$.	Deuxième série. $\frac{K^2O}{N} = 1$.	Troisième série. $\frac{K^2O}{N} = \frac{1}{2}$.	Quatrième série. $\frac{K^2O}{N} = \frac{1}{3}$.
Albumine	356 mg	458 mg	447 mg	398 mg
Saccharose	45	59	46	30
Glucose	101	151	158	172
Amidon	295	345	294	237
Cellulose	305	407	389	345
Pentoses	245	316	315	263
Méthylpentoses	33	45	57	60

Ces résultats montrent que les quantités d'albumine, de saccharose, d'amidon et de cellulose contenues dans les feuilles varient dans le même sens que le poids des plantes, c'est-à-dire présentent un maximum pour $\frac{K^2O}{N} = 1$, tandis que les quantités de glucose et de méthylpentoses varient en sens inverse de ce rapport.

PHYSIOLOGIE. — *La répartition des composés azotés de l'urine dans la dépense azotée endogène minima et daus l'alimentation protéique; le problème de l'existence et de la grandeur des réserves albuminoïdes.* Note de M. **Émile-F. Terroine** et Mlle **Germaine Boy**, présentée par M. d'Arsonval.

Si diverses qu'elles aient été dans leurs procédés d'investigation, toutes les études ayant pour but de rechercher l'existence de réserves azotées dans les organismes supérieurs [teneur en N total des organismes totaux (Terroine, Brenckmann et Feuerbach); teneur en N total des tissus (Seitz, Pugliese, Gauthier et Thiers); rapport de l'azote aminopurique à l'azote protéique des organismes totaux et des tissus (Truszkowski, Dmochowski, Cahn et Bonot); teneur en arginine et cystine des tissus (Cahn et Bonot)] convergent vers une même conclusion : il n'existe pas, au moins en quan-

tités appréciables, de réserves azotées, comme il existe des réserves de graisses ou de glycogène, qui ne soient pas partie constituante des cellules. Lorsque l'organisme, passant d'un régime à un autre, emmagasine de l'azote, il ne dépose pas dans les tissus un supplément d'albumine qui en augmente la concentration, il développe les tissus eux-mêmes. Cette conclusion a été formulée d'une manière particulièrement précise par Cahn et Bonot « ..... les organismes tels que ceux étudiés par nous ne peuvent stocker d'azote que sous forme *de protides organisés, et que ces derniers ne peuvent l'être que sous la forme d'éléments de type morphologique et chimique différenciés* ».

Il nous a paru toutefois que si, en dehors de la néoformation de tissus que les études de Gauthier et Thiers sur le foie ont rendue incontestable, une certaine quantité de matières albuminoïdes était réellement mise en réserve, les procédés employés jusqu'alors pour la déceler étaient insuffisamment précis, si cette quantité est très faible.

Nous avons donc repris l'examen de cette question en faisant appel à une méthode tout autre fondée sur le raisonnement suivant :

Lorsqu'on procède à la détermination quantitative individuelle de tous les composés azotés de l'urine au cours de la dépense azotée endogène et pendant un temps assez long, on constate la constance quotidienne de leur excrétion (Terroine et Mlles Boy, Champagne et Mourot). Cela signifie évidemment que les trois groupes essentiels de constituants de l'organisme dont ils proviennent (matières protéiques, corps puriques, substances créatiniques) se dégradent toujours dans une même proportion, donc qu'il y a une usure simultanée et proportionnelle de tous les éléments constitutifs des tissus.

Passons maintenant d'une alimentation riche en matières protéiques à une ration strictement glucidique. Pendant un certain temps, fait très connu, les quantités de N total rejetées seront élevées; elles baisseront peu à peu pour arriver à la valeur constante de la dépense endogène minima.

Que peut-il se passer pendant cette phase de transition, au point de vue de la répartition des composés urinaires? Ou bien tous vont décroître dans la même proportion, décroissance simultanée accusant une démolition simultanée de tous les éléments cellulaires; et cela signifiera que l'azote accumulé dans l'organisme l'a été uniquement sous forme organisée. Ou bien au contraire vont seuls décroître d'une manière sensible les composés (urée, NH^3, acides aminés) qui traduisent la dégradation des albumines; et

cela signifiera qu'il y a eu mise en réserve de matières protéiques dont la démolition se poursuit en supplément de celle des éléments cellulaires.

On conçoit d'ailleurs que le problème peut être posé dans les mêmes termes pour une opération de sens inverse. Nous l'avons examiné sous ces deux aspects et nous donnerons dans un Mémoire prochain l'ensemble des résultats. On trouvera ci-dessous des extraits d'une expérience permettant de comprendre la manière dont nous discutons le problème et les solutions proposées. Cette expérience est poursuivie sur un porc de 130^{kg}; toutes les valeurs y sont exprimées en grammes.

	N total urinaire.	N urée.	N de NH^3.	N aminé.	N allantoïne.	N créatinine.	N créatine.
Première période (alimentation très riche en matières protéiques, rétention azotée régulière).							
Moy. quot. de 5 jours...	71,67	62,59	2,07	1,18	3,71	0,84	0,63
Deuxième période (alimentation glucidique stricte; diminution progressive de l'excrétion azotée).							
1er jour..............	22,40	18,00	1,13	0,58	1,35	0,75	0,04
2e jour................	8,28	6,03	0,55	0,50	0,40	0,62	0,05
3e jour................	7,30	4,90	0,13	0,38	0,44	1,10	0,05
4e jour................	6,30	3,38	0,16	0,44	0,40	0,91	0,03
Total des 4 jours.......	**44,28**	**32,31**	**1,97**	**1,90**	**2,50**	**3,38**	**0,18**
Troisième période (continuation de la précédente; régime régulier de dépense azotée endogène minima).							
Moy. quot. de 10 jours..	4,46	2,13	0,18	0,42	0,48	0,91	0,02

Pour répondre à la question posée, calculons, à l'aide de la moyenne quotidienne de la dernière période, les rejets correspondant à l'usure régulière de l'organisme pendant la période de descente de l'excrétion azotée et voyons quelles sont les substances rejetées en excès pendant cette période.

	N total.	N urée + N de NH^3. + N aminé.	N allantoïne.	N créatinine + créatine.
Excrétion pendant les 4 jours de descente azotée.............	44,28	36,18	2,59	3,56
Excrétion correspondant à la dépense minima............	17,84	10,92	1,92	3,72
Différence....................	+26,44	+25,26	+0,60	—0,16

L'augmentation traduit uniquement une dégradation des matières albu-

minoïdes; l'excès de la somme N urée + N de NH^3 + N aminé représente 95 pour 100 de l'excès d'azote total. Le léger surplus d'allantoïne s'explique fort bien par cette dégradation.

Il nous paraît donc certain qu'une fraction de l'azote retenu pendant l'alimentation protéique l'est réellement sous forme de réserves albuminoïdes. Mais cette fraction est extrêmement faible aussi bien par rapport à la quantité totale d'azote retenu que par rapport à la masse totale des albumines de l'organisme. Dans le cas ici rapporté, elle est de $26^g,44$ pour un animal de 130^{kg}; nous l'avons trouvé de $4^g,28$ chez un sujet de 17^{kg}; de 54^g chez un de 200^{kg}. Il est facile de comprendre que ni les analyses globales d'organisme ni même celles de tissus ne peuvent déceler de si faibles variations. Un porc de 130^{kg} renferme grossièrement 3600^g d'azote protéique; un supplément de 26^g, moins de 1 pour 100, passe inaperçu.

En conséquence, s'il nous paraît maintenant démontré que la rétention d'azote observée lorsqu'on passe d'un régime pauvre à un régime riche en aliments protéiques comporte la formation de véritables albumines de réserve, non intégrées aux tissus, il n'en reste pas moins que c'est là un fait de très minime importance quantitative. C'est essentiellement à la formation et à la disparition de tissus organisés qu'il faut rapporter les gains ou les pertes d'azote que fait l'organisme lors des changements de régime alimentaire.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Chronaxie de subordination chez un invertébré.* Note de Mme **Marcelle Lapicque**, présentée par M. Louis Lapicque.

Il y a quelques années, expérimentant sur les Batraciens, j'avais trouvé que les centres encéphaliques (cerveau exclu) maintiennent dans certains nerfs moteurs une chronaxie notablement plus petite que celle de ces mêmes nerfs séparés des centres (1). Un peu plus tard, avec L. Lapicque (2), nous avons retrouvé ce phénomène chez les Mammifères, et nous avons alors distingué une *chronaxie de constitution*, propre à un organe déterminé séparé des centres, et une *chronaxie de subordination*, résultant de l'action ci-dessus. J'ai pu ensuite localiser, au moins pour la très grande partie,

(1) M. Lapicque, *C. R. Soc. de Biologie*, 88, 1923, p. 46.
(2) L. et M. Lapicque, *C. R. Soc. de Biologie*, 99, 1928, p. 1390 et 1947.

l'origine de la chronaxie de subordination dans le diencéphale (thalamus) [1].

Chez les Invertébrés, une première recherche effectuée dans ce sens avec L. Lapicque [2] sur le ganglion étoilé du Calmar (*Loligo peali*) nous avait montré, à la suite de diverses sections nerveuses, des changements de chronaxie certains, mais difficiles à interpréter. Il était important de reconnaitre s'il y avait réellement chez les Invertébrés une chronaxie de subordination homologue à celle des Vertébrés malgré la différence d'organisation.

J'ai trouvé le matériel convenable tout simplement chez l'Escargot commun (*Helix pomatia*), en opérant de la façon suivante. Sur un animal, en-train de ramper et parfaitement étalé, notamment la partie antérieure étant bien allongée, on pratique d'un coup de ciseau rapide, une section à ras de la coquille; les viscères sont enlevés avec celle-ci, et l'on aperçoit juste mis à nu par la coupe, et baignant dans l'hémolymphe transparente, une masse nerveuse blanchâtre composée des ganglions sous-œsophagiens et du ganglion pédieux. Une dissection assez simple permet de mettre à nu les ganglions sus-æsophagiens qui doivent être restés intacts. De la masse sous-œsophagienne partent en s'irradiant vers l'extrémité postérieure des filets nerveux visibles sur une certaine longueur et qu'on peut charger sur les électrodes sans dissection supplémentaire.

L'excitation électrique de ces filets nerveux provoque une rétraction de la région postérieure du pied. Au seuil, le mouvement est localisé dans l'extrémité caudale; l'observation de ce mouvement permet des mesures assez faciles. Dane ces conditions voici ce qu'on observe.

La rhéobase et la chronaxie ayant été déterminées lorsque le système nerveux reste intact comme ci-dessus, la section des filets nerveux à leur sortie des centres sous-œsophagiens provoque une légère diminution de la rhéobase et une forte augmentation de la chronaxie.

Exemple (expérience du 15 octobre) :

Avant la section : rhéobase : 0,78 volt; chronaxie : 10^{σ}.

Après la section : rhéobase : 0,62 volt; chronaxie : 25^{σ}.

Autrement dit, la section supprime la chronaxie de subordination et rétablit la chronaxie de constitution, celle que nous avions toujours étudiée antérieurement. L'excitation directe du muscle donne une chronaxie égale à la chronaxie de constitution du nerf.

Pour obtenir ce résultat, il est nécessaire que l'animal soit fraîchement

(1) M. Lapicque, *C. R. Soc. de Biologie*, 105, 1930, p. 84.

(2) L. et M. Lapicque, *C. R. Soc. de Biologie*, 102, 1929, p. 626.

préparé ; si l'on n'interroge l'excitabilité que plusieurs heures après l'ablation des viscères, on trouve d'emblée une chronaxie assez grande qui n'augmente plus par la section des filets nerveux.

Par conséquent, les centres nerveux en bon état maintiennent dans les nerfs moteurs du pied une chronaxie diminuée qui est bien l'homologue de la chronaxie de subordination constatée chez les Vertébrés. On peut localiser, parmi les divers centres, l'origine de cette action ; ce sont les ganglions sus-œsophagiens. En effet, la destruction de ces ganglions ou la section des connectifs qui les relient aux centres sous-œsophagiens produisent le même effet que la séparation des nerfs et des centres en général. Cette deuxième section pratiquée après la première ne donne plus qu'une augmentation insignifiante de chronaxie.

Ces faits présentent un parallélisme remarquable avec ceux que j'avais observés chez les Batraciens où l'origine de la chronaxie de subordination est située, non dans la moelle, mais dans les parties phylogénétiquement anciennes de l'encéphale.

BIOLOGIE. — *Observations sur la ponte, la fécondation et les premiers stades du développement de l'œuf chez* Penæus caramote *Risso*. Note de Mme **H. Heldt**, présentée par M. Ch. Gravier.

Sur les côtes tunisiennes, dans les eaux littorales, par fonds de sable vaseux (leur habitat normal), on peut rencontrer en toutes saisons des femelles fécondées de *Penæus caramote* Risso ; mais la fréquence en est particulièrement grande au printemps et en été. Elles présentent alors sur le sternum, entre les pattes IV et V, une production foliacée, souple, de couleur olivâtre, qui n'est autre chose que les appendices aliformes des deux spermatophores que contient le thelicum.

Les spermatophores ont été introduits dans ce réceptacle séminal à la période de la mue. Contrairement à ce qui a lieu chez la plupart des crustacés décapodes, le nombre des spermatophores émis par le mâle est ici très réduit ; l'appareil génital de celui-ci n'en contient au plus que deux définitivement constitués, logés dans la partie terminale, renflée en ampoule, de chaque canal différent. Si leur nombre est restreint, leur taille est par contre relativement grande. De forme sensiblement tétraédrique, ils mesurent en effet 6^{mm} en longueur sur $3^{mm},5$ à la base. Les spermatozoïdes qu'ils contiennent en grand nombre ont un diamètre de $4,5$ à 5^{μ}. Soudée

par l'un de ses bords au sac spermatique, une membrane anhiste, en forme d'aile, l'agrémente. Elle reste, après la fécondation à l'extérieur du corps de la femelle et l'ensemble de ces appendices des deux spermatophores produit le *coagulum pétaloïde* décrit par les auteurs.

Après l'introduction des spermatophores, les parois de ceux-ci se soudent intimement à celles du thelycum dont toutes les ouvertures s'oblitèrent à l'exception de deux petits orifices vers la base des quatrièmes pattes. La déhiscence des spermatophores se produit non loin de là, à leurs sommets antérieurs externes, à l'intérieur même du thelycum. Le flux spermatique, endigué par les replis de celui-ci, s'écoule au dehors par les orifices restés libres. Il est possible de localiser ces derniers avec précision en provoquant l'émission des spermatozoïdes à l'extérieur par pression sur les parois du thelycum. Les soies nombreuses de cet organe et des pattes IV dirigent ensuite le sperme vers l'avant sur le sternum où il s'accumule à la base des troisièmes pattes. On peut, en effet, sur une femelle prête à pondre, recueillir à la pipette, dans cette dépression, une grande quantité de spermatozoïdes vivants.

Les œufs seront ainsi fécondés à leur sortie de l'oviducte.

La ponte s'étage de juin à septembre dans la région nord-tunisienne avec un maximum d'intensité aux périodes chaudes de juillet et août. Les femelles mûres ont l'ovaire bourré d'œufs dont la coloration varie quelque peu avec les individus, parfois d'un blanc jaunâtre mais le plus souvent vert olive clair. Ils se présentent comme de petites masses ovoïdes très riches en vitellus, entourées d'une mince membrane et mesurant de $0^{mm},25$ à $0^{mm},31$ suivant leur grand axe et de $0^{mm},22$ à $0^{mm},27$ suivant le petit.

Nous avons observé que la ponte, comme du reste la plupart des manifestations vitales de l'animal en aquarium, avait toujours lieu la nuit et elle s'est montrée favorisée par la température. Les pontes ont débuté en juin dans une eau à $24°,5$ et sont devenues plus fréquentes en juillet-août à $26°$.

L'allure de la femelle pondant est caractéristique. En temps normal la crevette, lorsqu'elle n'est pas enfouie dans le sable, repose sur ses pattes ambulatoires, l'abdomen légèrement soulevé et allongé dans le prolongement du céphalo-thorax. En position de ponte, l'abdomen demeure horizontal formant avec le telson point d'appui pour le corps tandis que le céphalo-thorax se dresse. On remarque alors que les trois dernières paires de pattes thoraciques effectuent quelques battements simultanés d'avant en arrière, s'arrêtent et recommencent pendant que les œufs sont émis en fumée légère. L'ovaire se vide ainsi complètement en une ou deux minutes.

Aussitôt l'œuf pondu, sa membrane se gonfle considérablement, il semble se trouver au milieu d'une sphère translucide. En aquarium, les œufs restent en suspension dans l'eau, ne tombant sur le fond qu'au bout de plusieurs heures.

La segmentation est totale et égale. On note par l'apparition dans l'œuf de deux taches plus claires correspondant aux régions nucléaires, l'amorce du stade II. Dans les conditions de nos observations (26°), le premier clivage se produit 45 minutes après la ponte. Les deux blastomères s'individualisent complètement donnant l'image de deux sphères égales tangentes extérieurement. Puis dans la région de contact, les contours s'estompent, les deux blastomères semblent se fondre l'un dans l'autre et bientôt toute trace de sillon de segmentation disparaît. On a à nouveau l'aspect de l'œuf non-segmenté. Environ 10 minutes après, apparaissent dans la masse quatre zones claires et le début des étranglements du stade IV. Celui-ci aboutit à quatre blastomères sphériques nettement séparés qui vont à leur tour se refusionner, repassant parfois par le stade II, pour revenir, après environ 10 minutes, à la forme de départ. Nous avons pu observer ainsi, durant 2 heures 20 minutes, la succession de phénomènes analogues jusqu'au stade de 64 cellules. Il n'est possible, à chaque point de départ, de déterminer le stade où l'œuf se trouve qu'en comptant les taches claires qui apparaissent à la reprise de chaque nouvelle segmentation.

Ce processus est en tout point semblable à celui signalé par Ishikawa pour les trois premiers stades de segmentation chez une espèce bien différente, *Xiphocaridina compressa*.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *A propos de l'état physique des phosphates calciques dans le lait; le fractionnement de leurs micelles conduit à l'existence de la caséine libre de chaux et de combinaison phosphatée calcique.* Note de M. **Maurice Piettre**, présentée par M. Achard.

Au fur et à mesure des progrès de la technique scientifique, les matières protéiques se trouvent dépouillées d'une grande partie des propriété physico-chimiques qui leur étaient jusque-là attribuées et qui, en réalité, appartiennent le plus souvent à des substances accessoires, électrolytes, qu'elles entraînent ou adsorbent, lipides qui contribuent à les stabiliser, pigments qu'elles fixent, etc. Il faut cependant reconnaître que ces impuretés représentent des conditions mêmes de la vie, car elles sont imposées aux matières

fondamentales au cours des diverses réactions vitales, par le jeu des forces physiques et plus particulièrement des *forces capillaires*, au sein des tissus ou des éléments cellulaires leur donnant naissance.

La formation du lait représente l'exemple le plus typique de ces réactions complexes au sein de l'organisme. Les relations entre les diverses substances colloïdales et notamment entre caséine, chaux et phosphates calciques exigent encore, après tant de travaux, de nouvelles recherches. Nous les avons entreprises à partir de laits de différentes espèces, recuillis très proprement, refroidis aussitôt, puis centrifugés pour séparer complètement le beurre. Les diverses opérations de dialyse contre eau ou glycérine ont été effectués à 0°, dans un laboratoire frigorifique.

I. Par *simple centrifugation* à grande vitesse, comme l'ont démontré déjà L. van Slyke et W. Bosworth, on sépare les plus grosses micelles de phosphate colloïdal, mais il faut ajouter ici, avec de notables variations suivant l'espèce animale, les individus et même l'état de fonctionnement de la mamelle. M. Boris Celan a montré notamment que l'élimination des cellules blanches ou épithéliales par le lait, peut subir périodiquement d'assez larges oscillations.

	Pour 100cm³ de lait centrifugé.		
	Culot de centrifugation séché à 105-107°.	Cendres (phosphates calciques).	Cendres pour 100 du résidu sec.
	g	g	
Vache normande (nº 1)	0,3152	0,0271	8,59
» (nº 2)	0,2503	0,0214	8,56
Vache flamande	0,0515	0,0071	13,74
Anesse	0,2621	0,0209	7,97
Chèvre grise	0,1281	0,0151	11,78
Chèvre blanche :			
Période lymphocytaire	0,3005	0,0518	17,23
Période de desquamation mammaire.	0,5493	0,0568	10,33
	0,5405	0,0727	13,44

Après congélations répétées, suivies chaque fois de fonte, on isole ensuite de petites quantités de phosphate en suspension.

II. *La dialyse contre l'eau distillée*, sur cellophane, permet d'enlever encore de faibles proportions de phosphate tricalcique. Ces micelles, les plus fines, sont entraînées pendant l'ultrafiltration du lactose, des électrolytes comprenant les phosphates calciques et magnésiens directement solubles, de l'extrait azoté, etc. Chaque eau de dialyse, après concentration au bain-marie, abandonne en effet, à la reprise par l'eau, une poudre blanche, inso-

luble, que les dosages de CaO et P^2O^5 démontrent être du phosphate tricalcique.

	Extrait sec des eaux de dialyse	
	soluble (lactose, sels etc.).	insoluble (phosphate tricalcique).
Vache flamande (100$^{cm^3}$ lait), teneur en CaO = 0,192 :		
1re eau de dialyse	3^g,1320	0^g,0316
2e »	1,4705	0,0149
3e »	0,6900	0,0114
4e »	0,2874	0,0026
5e »	0,0631	......
Vache normande (100$^{cm^3}$ lait)	5,4522	0,1069
Chèvre	4,9977	0,0515

Ces phosphates ultrafiltrés représentent de 13 à 25 pour 100 de la CaO du lait.

L'addition, au lait déjà dialysé, de 3^g,8 de lactose n'enlève, par ultrafiltration, que des traces de phosphate insoluble.

L'influence des *citrates alcalins* sur la dialyse du phosphate colloïdal est beaucoup plus féconde.

Le citrate *monosodique*, à la concentration de 3^g,5 pour 100 de lait, flocule, dans le dialyseur, la caséine. La dialyse achevée, la caséine lavée ne contient plus de chaux, sa teneur en P oscille entre 0,63 et 0,65 pour 100.

Les citrates *di- et trisodique*, à la même concentration, font disparaître complètement l'opalescence du lait et le transforment en un liquide clair, incolore.

Ils permettent d'éliminer, par dialyse aqueuse, de 75 à 80 pour 100 de la CaO totale.

III. Enfin, en effectuant la dialyse du lait, non plus contre de l'eau mais contre de la *glycérine* ($d = 1,262$), l'ultrafiltration des phosphates insolubles peut être poussée beaucoup plus loin; nous l'apprécierons par le dosage de la CaO restée dans le dialyseur.

Dialysé directement contre glycérine, le lait perd environ de 29 à 33 pour 100 de sa CaO. Lorsqu'on lui ajoute au préalable du citrate neutre de soude (3^g,5 pour 100), par simple effet, il conserve en CaO totale : 11,32 à 12,57 (vache), 12,17 à 13,86 (chèvre), et par double effet, seulement 4, 5 à 4,8 pour 100 en moyenne.

Si l'on rapporte ces derniers chiffres au poids de caséine engagée, on calcule que 100^g de cette protéine ne contiennent plus que $0^g,24$ à $0^g,26$ pour 100 de CaO, résultats bien inférieurs à ceux indiqués par van Slyke ($7^g,5$ pour 100) et Porcher (2^g). Il semble dès lors probable qu'en substituant à la glycérine, le sirop de sucre [1] de densité plus élevée ($d=1,380$), et en répétant les doubles effets on arriverait à obtenir la caséine privée de CaO, dans des milieux à réaction alcaline.

Conclusions. — Ces recherches montrent que par de simples moyens physiques : centrifugation, congélation et surtout par dialyse contre eau, glycérine ou saccharose [1] on peut déjà pousser assez loin le fractionnement des micelles du phosphate tricalcique du lait. L'emploi de citrates di- et trisodique conduit à une caséine contenant seulement des traces de CaO.

La conception actuelle de la caséine dans laquelle la chaux serait liée à un oxydrile phosphorique apparaît désormais comme beaucoup moins certaine.

Dans le lait toute *la chaux colloïdale semble donc exister à l'état de phosphate tricalcique.*

MÉDECINE. — *Sur un nouvel hélio-actinomètre.* Note [2] de M. **Bordier**, présentée par M. d'Arsonval.

Ce dosimètre héliométrique est basé sur le virage d'une solution chloroformique d'iodoforme sous l'influence des rayons photochimiques solaires.

D'incolore, cette solution devient mauve et la coloration se fonce d'autant plus que la quantité de lumière reçue est plus grande.

L'évaluation de la proportion d'iode mis en liberté se fait par comparaison avec des solutions titrées d'iode dans le chloroforme prises sous la même épaisseur que le liquide réactif. Celui-ci est placé dans un tube de quartz et les solutions titrées d'iode sont renfermées dans des tubes de verre scellés à la lampe.

La comparaison du liquide du tube de quartz, après son exposition à la lumière solaire pendant un temps exactement mesuré, doit se faire en com-

---

(1) Piettre et Vila, *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 1182.

(2) Séance du 16 novembre 1931.

mençant par les tubes étalons *de coloration moins foncée* que celle du tube de quartz.

Les numéros gravés sur les tubes de verre scellés correspondent de 1 à 10, à la proportion en centigrammes d'iode dissous dans 100^{cm^3} de chloroforme. Les n°s 11 et 12 correspondent respectivement à 15^{cg} et à 20^{cg} pour 100 d'iode.

Si par exemple, on a trouvé que l'égalité de teinte se produit avec le tube n° 3, cela indique que la quantité d'iode libéré dans le tube de quartz est de 3^{cg} pour 1000^{cm^3} de chloroforme.

Si l'on prend pour *unité héliométrique* la quantité de lumière capable de libérer 1^{cg} d'iode pour cent de la solution d'iodoforme, on pourra exprimer les doses de rayons photochimiques solaires par un nombre : si, par exemple, après une exposition de 3 minutes de la solution réactif dans le tube de quartz, la teinte de virage est égale à celle du tube étalon n° 6, la quantité de lumière reçue sera de 6 unités en 3 minutes, soit de 2 unités en 1 minute.

Dans de telles conditions, la dose de rayons photochimiques absorbée par un malade pendant un traitement héliothérapique ayant duré 15 minutes, sera par conséquent de $2 \times 15 = 30$ unités héliométriques.

Le nombre d'unités correspondant à *une minute* d'exposition à la lumière solaire s'appelle l'*indice héliométrique*. Cet indice ajouté aux autres indices (barométrique, thermométrique, hygrométrique, pluviométrique) de chaque station climatique (à condition de le déterminer partout à la même heure, par exemple à midi) servira à caractériser chaque station au point de vue de la valeur héliothérapique des régions où se font les cures solaires.

On comprend facilement l'intérêt qu'on aurait à faire partout ces déterminations pour rendre *correctes* et *scientifiques* les *applications de l'héliothérapie*.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Production de tumeurs d'apparence sarcomateuse chez l'annélide* Nereis diversicolor *O. F. M. par inoculation de* Bacterium tumefaciens *Sm.* Note de M. **J. André Thomas**, présentée par M. Roux.

Nereis diversicolor réagit d'une façon particulièrement intense à certains processus irritatifs ou favorisant la prolifération cellulaire. A la suite de phénomènes biologiques, déterminés par les variations du milieu extérieur, les oocytes de cet annélide dégénèrent dans la cavité générale. Les nécro-

hormones ainsi libérées, provoquent une lymphogénèse de grande intensité, qui aboutit à la formation de tumeurs fibroblastiques, volumineuses et envahissantes, mais bénignes [1]. Ce processus peut être reproduit expérimentalement. De même l'inoculation d'extraits organiques homologues, en suspension dans de l'arséniate de soude à 0,1 pour 100, provoque des réactions analogues. Par contre divers extraits embryonnaires associés à des substances chimiques cancérigènes, ne déterminent que des réactions inflammatoires très banales sans participation du parenchyme [2]. Or, le *Bacterium tumefaciens* peut provoquer des réactions cellulaires inflammatoires intenses dans la tunique d'*Ascidia mentula* [3]. Il peut de même provoquer une infection générale mortelle chez *Sipunculus nudus* parasitant électivement tout d'abord le noyau de certaines cellules et se transformant alors en granules au seuil de la visibilité [4]. Ce microorganisme est-il susceptible de déterminer chez *Nereis diversicolor* des néoformations autres que celles résultant de l'évolution et de l'organisation des cellules sanguines?

1° 8 *Nereis diversicolor* normales sont inoculées avec une émulsion de *Bacterium tumefaciens*, dans la cavité générale; 3 seulement résistent complètement à l'inoculation après 11 jours. Les autres meurent plus ou moins rapidement d'infection générale, avec formation de nodules tumoraux inflammatoires de grande taille dus à l'organisation des leucocytes et des linocytes. Les frottis montrent le *Bacterium tumefaciens* en abondance sous sa forme de Bacille.

Mais ne peut-on obtenir que des septicémies? J'ai inoculé le *Bacterium tumefaciens* à des *Nereis* portant des tumeurs bénignes dues à la dégénérescence des oocytes, au voisinage immédiat de ces tumeurs.

2° 7 *Nereis* présentant des petites tumeurs bénignes au début, de taille minuscule, ne réagissent comme celle du lot précédent que par une infection générale, sauf 3 exemplaires. Les tissus tumoraux infectés sont seulement envahis par une nouvelle onde d'éléments lymphoïdes.

3° Par contre, sur 4 *Nereis* atteintes de tumeurs bénignes plus évoluées, deux ayant les plus grosses tumeurs, subissent une transformation très rapide de leur néoformation. Ces deux tumeurs se mettent brusquement à augmenter de volume et à envahir les tissus sains, tandis que les *Nereis*

---

(1) *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 828-830, et *Arch. d'Anat. microsc.*, 26, 1930, p. 251-333.

(2) *C. R. Soc. Biol.*, 108, 1931, p. 667-669.

(3) *C. R. Soc. Biol.*, 108, 1931, p. 694-696.

(4) *C. R. Soc. Biol.*, 108, 1931, p. 772-774.

sont de plus en plus atteintes dans leur vitalité. L'une est sacrifiée après 2 jours, l'autre dont la tumeur a au moins quadruplé de volume, et qui en outre a fait une seconde tumeur plus petite non loin de la première, est sacrifiée le neuvième jour. L'analyse histologique de ces trois tumeurs montre qu'il ne s'agit plus seulement de l'organisation des éléments lymphoïdes. C'est le tissu mésenchymateux, le parenchyme, qui jusqu'à présent n'avait jamais pris part aux processus réactionnels expérimentaux, qui se transforme et envahit les tissus normaux. Les cellules parenchymateuses se multiplient activement et cette fois par mitose; elles s'arrondissent, se libèrent et poussent des travées qui infiltrent, détruisent et remplacent les tissus primitifs de la tumeur bénigne, puis les muscles de l'annélide, qui peuvent complètement disparaître. Ce parenchyme est riche en sarcolytes. On peut obtenir des cellules de grande taille, à noyau géant, et quelques mitoses atypiques, même tripolaires, enfin une orientation souvent tourbillonnaire des cellules qui sont alors fusiformes. S'il est peut-être imprudent d'affirmer que l'on a affaire à de vrais sarcomes, étant donné que l'on considère souvent maintenant que le *Bacterium tumefaciens* ne provoque que des granulomes inflammatoires chez les plantes, on ne peut que constater que l'évolution et la structure histologique de ces tumeurs sont d'apparence sarcomateuse, fait non réalisé encore chez les invertébrés.

Or, l'évolution du *Bacterium tumefaciens* est ici analogue à celle que j'ai étudiée chez le Sipuncle (¹). On le trouve abondamment dans le sang infecté, sous forme de Bacilles vigoureux et libres; mais dans les tissus tumoraux il subit une évolution particulière. Il existe à l'état de Bacille dans le cytoplasme et aussi plus rarement dans le noyau d'îlots de cellules, situés à la périphérie de la tumeur le 2ᵉ jour. Mais il s'y transforme, sans paraître dégénérer, en granules de plus en plus petits. Le 9ᵉ jour on ne trouve plus, dans les cellules tumorales, que des granules très vraisemblablement dérivés du *Bacterium tumefaciens* comme si ce microorganisme déterminait surtout la prolifération cellulaire à l'état de granules au seuil de la visibilité.

Le *Bacterium tumefaciens* peut donc provoquer chez *Nereis diversicolor* des tumeurs d'apparence sarcomateuse. Il subit alors une transformation en granules qui parasitent les cellules tumorales, et paraissent provoquer dans ce cas, leur multiplication.

A 15ʰ45ᵐ l'Académie se forme en Comité secret.

(¹) *Loc. cit.*, p. 772-774.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place de Membre non résidant vacante par le décès de M. *Eugène Cosserat* présente, par l'organe de M. le Président, la liste suivante :

En première ligne. . . . . M. **Lucien Cuénot.**

En seconde ligne, ex æquo par ordre alphabétique . . . . MM. **René Baire, Charles Camichel, Camille Sauvageau, Magnus de Sparre.**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17^h.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 16 novembre 1931.)

Note de MM. *J. Costantin*, *P. Lebard* et *J. Magrou*, Influence du séjour en montagne sur la productivité de la pomme de terre :

Page 904, ligne 25, *au lieu de* plants, *lire* plantes; ligne 36, *au lieu de* 8 pour 100 au lieu de 9,4 : différence faible, *lire* 459 au lieu de 496 et 502.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 NOVEMBRE 1931.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS DE LAUNAY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. A. LACROIX offre à l'Académie le Tome II de son Ouvrage : *Figures de savants*, comprenant des notices sur d'anciens membres de l'Académie : A. Grandidier, Alphonse Milne-Edwards, J.-B. Boussingault, A. Damour, A. de Lapparent, A. de Gramont, A. Michel-Lévy, F. Fouqué, et des discours prononcés à des cérémonies commémoratives de J. de Lalande, L. Pasteur, A. Vulpian, M. Berthelot.

Pour chacun de ces savants sont donnés un portrait et la reproduction d'un ou deux autographes.

PSYCHOLOGIE ANIMALE. — *Sur une influence de la Lune.* Note (¹) de M. G. BIGOURDAN.

Dans la nuit du 28 au 29 juillet dernier, à $12^h 30 \pm 5^m$ (heure d'été), un coq chantait, quoique l'on fût loin de son heure habituelle. Il est à noter que le ciel était très beau et la Lune en opposition. Sans doute le coq avait déjà dormi et, se réveillant, jugea que le jour arrivait.

Je signale ce fait parce qu'il permet d'interpréter diverses influences lunaires (²).

(¹) Séance du 3 août 1931.

(²) Je joins à cette Note un Mémoire en anglais (*The Night Crowing of Cock as a Theme for Scientific Research*) de M. Sinitsin, déjà publié en russe; ce savant y examine la question à tous les points de vue, notamment à celui du déterminisme.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre non résidant, en remplacement de M. *Eugène Cosserat* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 61,

M. Lucien Cuénot	obtient............	41	suffrages
M. Charles Camichel	»	11	»
M. Camille Sauvageau	»	6	»
M. Magnus de Sparre	»	3	»

M. **Lucien Cuénot**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le volume I des *Memoirs of the* San Diego *Society of Natural History : Catalogue of the Marine Pliocene and Pleistocene Mollusca of California and Adjacent Regions*, by U. S. Grant, IV and Hoyt Rodney Gale.

2° *Contribution à l'étude de la Faune de Madagascar*. Troisième partie, par G. Petit. (Présenté par M. L. Mangin.)

3° *Étude sur les lagunes de la côte occidentale du Maroc*, par A. Gruvel. (Présenté par M. L. Mangin.)

4° *L'élevage au Maroc*, par Th. Monod. (Présenté par M. L. Mangin.)

GÉOMÉTRIE. — *Rectification à une Communication precédente.* Note de M. **A. Marchaud**, présentée par M. Hadamard.

Depuis la publication de ma Note *Sur diverses extensions de la notion de continu d'ordre borné* (*Comptes rendus*, 193, 1931, p. 808), je me suis aperçu

que ma démonstration du fait que l'ensemble des points où un arc simple rectifiable n'a pas de tangente est de mesure absolument nulle, était incorrecte. Le fait est d'ailleurs inexact, même si l'arc satisfait aux hypothèses du théorème 5 de la Note en question. En effet, imitant un procédé utilisé par M. Denjoy [1], on peut construire une fonction continue à variation bornée $f(x)$, telle que toute droite de coefficient angulaire négatif coupe la courbe $y = f(x)$ en un nombre fini de points, cette courbe ne possédant pas de tangente aux points d'un ensemble parfait. Or un ensemble de mesure absolument nulle ne peut contenir de sous-ensemble parfait.

Il faut par suite, dans le théorème cité, supprimer la condition 1°, et la conséquence qu'on en déduit à la fin de l'énoncé (ainsi bien entendu que le cas particulier formulé au début de la section II). Pour la même raison, dans l'énoncé du n° 6, on devra remplacer «quasi partout» par «presque partout».

GÉOMÉTRIE. — *Conditions pour une surface flexible inextensible.* Note de M. **Alexandre Wundheiler**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous considérons le problème : Reconnaître si une famille à un paramètre d'espaces m-dimensionnels plongés dans un espace riemannien n-dimensionnel représente une suite de positions d'un espace flexible et inextensible (une suite d'espaces applicables)? La méthode employée est une généralisation du calcul tensoriel et permettra d'écrire les conditions cherchées sous une forme indépendante du mode de représentation de la famille.

Les équations de notre famille sont :

$$y_\alpha = f_\alpha(x_k, t) \qquad (\alpha = 1, \ldots, n;\ k = 1, \ldots, m). \tag{1}$$

Cette représentation établit de plus une correspondance entre les divers $V_m(t)$ de la famille (par des valeurs égales de x_k) n'ayant, en général, aucun rapport avec l'isométrie existant éventuellement entre tous les (1). Il s'agit ici d'une propriété indépendante de la représentation choisie, et subsistant aux transformations cinématiques

$$\bar{x}_i = x_i(x_k, t) \qquad (i = 1, \ldots, m). \tag{2}$$

---

(1) A. Denjoy, *Sur les nombres dérivés des fonctions continues*, n° 45, Exemple II (*Journal de Math.*, 7e série, 1, 1915, p. 167).

Nous appelons vecteur contrevariant fort un système de m fonctions u^i qui se transforment sous (2) d'après les formules bien connues

$$\bar{u}^i = \frac{\partial \bar{x}_i}{\partial x_k} u^k, \tag{3}$$

comme si les (2) ne dépendaient pas de t. On définit par analogie les tenseurs forts co- et contravariants.

La suite $V_m(t)$ engendre un espace riemannien $(m+1)$-dimensionnel V_{m+1}, dont la forme métrique pourra être écrite

$$ds^2 = a_{ik}\, dx_i\, dx_k + 2 h_i\, dx_i\, dt + k\, dt^2. \tag{4}$$

(x_i, t) forment un système de coordonnées dans V_{m+1}, (2) est un changement de ces coordonnées, n'altérant pas les espaces $t =$ const. La métrique dans V_{m+1}, pour une valeur déterminée de t, sera donnée par $ds^2 = a_{ik}\, dx_i dx_k$. Nous désignerons par ∇ la dérivée covariante, correspondant à la forme $a_{ik}\, dx_i\, dx_k$ (toujours pour t déterminé).

Théorème fondamental. — *Le système*

$$W_{ik} = \frac{\partial a_{ik}}{\partial t} - \nabla_k h_i - \nabla_i h_k \tag{5}$$

est un tenseur fort.

On vérifie ce théorème par un calcul direct.

Théorème. — *La condition nécessaire et suffisante pour que les espaces de la suite* (1) *soient tous isométriques est l'existence d'un système e_i satisfaisant à l'équation*

$$\nabla_k e_i + \nabla_i e_k = W_{ik}. \tag{6}$$

Démonstration. — S'il existe une isométrie entre les $V_m(t)$, on peut prendre comme lignes de t les courbes passant par les points correspondants dans cette isométrie. Ceci revient à une transformation « cinématique » de cordonnées (2). Dans un tel système de coordonnées, on aura $\frac{\partial a_{ik}}{\partial t} = 0$ et alors

$$-\nabla_k h_i - \nabla_i h_k = W_{ik}. \tag{7}$$

Désignons maintenant par e_i le vecteur fort, dont les composantes dans le système décrit tout à l'heure sont $-h_i$. Il vérifiera la relation invariante (6). — Inversement, si les (6) ont une solution e_i, on peut choisir le système de coordonnées dans V_{m+1} de façon à obtenir $-h_i = e_i$, ce qui est évidemment possible. On aura alors $\frac{\partial a_{ik}}{\partial t} = 0$.

On voit, comme application, qu'on a toujours isométrie, si $W_{ik}=0$. La solution de (6) est $e_i=0$, et l'on établira l'isométrie par $h_i=0$, ce qui signifie que les lignes de t sont orthogonales aux espaces $V_m(t)$. Nous appellerons cette isométrie « orthogonale » et l'on peut énoncer le théorème suivant :

La condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe une isométrie orthogonale entre les espaces $V_m(t)$ *est* $W_{ik}=0$.

Observons que c'est une condition tout à fait explicite qui n'exige que des différentiations.

Isométries infinitésimales. — Pour que l'espace $V_m(0)$ soit isométrique aux espaces infiniment voisins de la suite (1), il faut et il suffit que (6) ait lieu au moins pour $t=0$. Supposons cette condition remplie. Les espaces de la suite (1) étant déterminés on n'a d'autre arbitraire pour l'établissement de l'isométrie que le choix de l'angle formé dans V_{m+1} par les lignes de t avec $V_m(0)$, ce qui revient à un choix convenable de h_i. On aura alors autant d'isométries que de valeurs possibles de h_i. Soient h'_i et h''_i deux de ces valeurs. On peut évidemment supposer que le changement de coordonnées conduisant de h'_i et h''_i n'altère pas les coordonnées sur $V_m(0)$, c'est-à-dire qu'il se réduit à une identité pour $t=0$. Par conséquence e_i aura les mêmes coordonnées dans les deux systèmes, dans lesquels (6) devient respectivement (pour $t=0$)

$$-\nabla_k h'_i-\nabla_i h''_k=-\nabla_k h''_i-\nabla_i h''_k=\nabla_k e_i+\nabla_i e_k,$$

d'où

$$\nabla_k(h'_i-h''_i)+\nabla_i(h'_k-h''_k)=0,$$

ce qui est l'équation de Killing bien connue, condition pour que $h'_i-h''_i$ représente un mouvement rigide dans $V_m(0)$. Nous avons obtenu le théorème :

On obtient toutes les isométries infinitésimales entre un espace et une suite d'espaces infiniment voisins en superposant une seule d'entre elles avec tous les mouvements rigides de cet espace.

On voit le lien étroit des transformations infinitésimales avec les mouvements rigides d'un espace en soi-même. D'ailleurs (6) est une sorte de généralisation de l'équation de Killing.

Observons encore que, s'il existe une isométrie infinitésimale orthogonale, on la déterminera au moyen d'une équation aux différentielles totales à une seule inconnue, si $n=m+1$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une nouvelle extension d'un théorème de M. Émile Picard.* Note (1) de M. **Georges Bouligand.**

1. Le théorème de M. Émile Picard dont nous allons nous occuper est le suivant :

Soit $V(x, y, z)$ une fonction harmonique régulière dans un domaine comprenant l'origine O, exception faite de ce dernier point, où elle est égale à $+\infty$. On a

$$V = \frac{k}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}} + U(x, y, z) \qquad (k > 0), \tag{1}$$

$U(x, y, z)$ étant harmonique et régulière à l'origine (2).

En étudiant diverses généralisations de ce théorème (3), j'avais conservé l'hypothèse d'après laquelle la fonction harmonique étudiée *restait positive aux environs du point singulier* (lequel pouvait se trouver sur la frontière du domaine d'harmonicité) : cette hypothèse offre en effet l'avantage d'une interprétation immédiate, au moyen de la notion de *source calorifique*, aquelle introduite par M. Émile Picard s'affirme chaque jour plus féconde (4).

Je me propose ici d'attirer l'attention sur un autre genre d'hypothèse conduisant à la même conclusion et dont l'intérêt provient de son intervention assez fréquente dans des problèmes concernant l'équation de Laplace ou les équations voisines. Ce genre d'hypothèse m'a été suggéré par la forme de la condition nécessaire et suffisante pour qu'une fonction, harmonique dans un cercle, y soit représentable par l'intégrale de Poisson-Stieltjes (5) : j'ai commencé par observer qu'une simple transposition des

---

(1) Séance du 23 novembre 1931.

(2) *Bull. de la Soc. math. de France*, 52, 1924, p. 164-165.

(3) Voir principalement mon Mémoire : *Sur l'application d'équations intégro-différentielles à l'étude des singularités de certains champs scalaires* (*Ann. Ec. Norm. sup.*, 3e série, 48, 1931, p. 95 et suiv.).

(4) Voir Picard, *Leçons sur quelques problèmes aux limites de la théorie des équations différentielles* (fasc. V de la Collection Julia), Chap. X, et Brelot, *Étude de l'équation de la chaleur au voisinage d'un point singulier* (*Thèse*, Paris, 1931).

(5) G. C. Evans, *The logarithmical potential* (*Publications de la Soc. amér. de Math.*, New-York, 1927, p. 46).

raisonnements qui avaient fourni à M. G.-C. Evans cet important résultat me permettait d'établir ce théorème :

Toute fonction entière $u(x, y)$, solution de l'équation $\Delta u = u$, telle que le rapport à son intégrale le long d'une circonférence de centre fixe et de rayon arbitrairement grand de l'intégrale de sa valeur absolue demeure borné, peut se mettre sous la forme

$$u(x, y) = \int_0^{2\pi} e^{x\cos t + y\sin t}\, d f(t),$$

où $f(t)$ est une fonction à variation bornée [BOULIGAND, *Sur les solutions régulières dans tout le plan de* $\Delta u = u$ (*Bull. Ac. polon. des Sciences et des Lettres*, série A, 1931, p. 281-287)] : le cas $u > 0$ se résout en faisant f croissante.

2. C'est de cet énoncé que je suis passé à l'extension annoncée. Considérons par exemple, dans l'espace à trois dimensions, une fonction harmonique U, régulière dans un certain domaine contenant l'origine O, exception faite de ce dernier point. Supposons que *le rapport à sa moyenne, de la moyenne de sa valeur absolue*, ces moyennes étant prises sur la surface d'une sphère arbitrairement petite de centre O *demeure borné*. Je dis que *la fonction* U *est encore de la forme* (1). En effet le dénominateur est de la forme $a + \frac{b}{r}\cdot$ Donc l'intégrale de $|U|$ admet une limitation d'où l'on déduit immédiatement, dans le développement en série de fonctions sphériques, la disparition des termes singuliers dont chacun correspondait à un pôle dépassant le premier ordre : car les coefficients de ce développement sont eux-mêmes des intégrales d'une fonction UY_ν. Le raisonnement dont je viens d'indiquer le principe est entièrement parallèle à celui du n° 11, page 110, de celui de mon Mémoire A déjà cité des *Annales de l'École Normale*.

Le résultat de la section II de A (n° 20, pages 121-122) se prolonge de même par le théorème suivant : *si le rapport, à la moyenne de* $\varphi_u(p)$ (prise sur toute l'étendue, superficielle ou hypersuperficielle, du continuum R) *de la moyenne de* $|\varphi_u(p)|$, *demeure borné* (pour u arbitrairement grand), *la singularité offerte par* $\varphi_u(p)$ *pour* $u = +\infty$ *est un pôle du premier ordre* au sens de la définition très générale que j'ai donnée de cette notion (p. 117).

Aux applications du théorème du n° 20 de A, données dans les sections III, IV, V, correspondent des applications de même nature du théo-

rème ci-dessus, qu'il serait superflu d'énumérer ([1]). Notons seulement en terminant que ces considérations confirment l'opportunité d'introduire, en pareille matière, des moyennes, dans un sens s'apparentant à celui que M. Marcel Brelot a suivi, dans sa Thèse, au Chapitre II, p. 48.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Généralisation d'un théorème sur les fonctions holomorphes dans un demi-plan.* Note ([2]) de M. **Mandelbrojt**, présentée par M. Jacques Hadamard.

La méthode employée dans notre récent Mémoire ([3]) démontre le théorème suivant :

A. *Soient* $F(z)$, $\theta(z)$, $(z = x + iy)$ *deux fonctions holomorphes dans le demi-plan* $x \geqq 0$ *et telles que*

1°
$$\overline{\lim_{x=\infty}} \frac{\log|F(x)|}{x} = d > 0 \qquad (d < +\infty);$$

2°
$$\lim_{x=\infty} \frac{\log|\theta(x)|}{x} = l < d,$$
$$|\theta(z)| > r > 0, \qquad x \geqq 0;$$

3°
$$\left|\frac{F^{(n)}(iy)}{\theta(i\tau y)}\right| < m_n \qquad (1 \leqq \tau < +\infty,\ \infty < y < +x),$$

alors

(1)
$$\underline{\lim}\ \sqrt[n]{m_n} > 0.$$

Dans le Mémoire cité, figure, à la place de l'inégalité 3°, l'inégalité

(2)
$$|F^{(n)}(iy)| < m_n \quad ([4]).$$

Mais la démonstration reste la même en partant de 3°, l'inégalité (16) du

---

([1]) Si, au lieu de supposer le rapport borné, on lui imposait une limitation convenable (proportionnelle à une puissance négative de r dans l'exemple d'une singularité ponctuelle isolée d'une fonction harmonique), on obtiendrait une forme de condition assurant un pôle.

([2]) Séance du 23 novembre 1931.

([2]) Voir *Bulletin des Sciences mathématiques*, 55, 1931, p. 303.

([4]) Voir le théorème III du Mémoire cité.

Mémoire étant remplacée par

$$(3)\qquad |\varphi^{(n)}(t)| < e^{\frac{(h-a)}{2}} \int_{-\infty}^{\infty} \left| \frac{d^n F\left[t\left(z-\frac{1}{2}\right)\right]}{d\left[t\left(z-\frac{1}{2}\right)\right]^n} \right| \left| \frac{z-\frac{1}{2}}{z} \right|^n \frac{|z^n \Phi(z)|}{\left|z^2 \theta\left(z-\frac{1}{2}\right)\right|} dy$$

$$\left(0 \leqq t \leqq 1; \qquad z = \frac{1}{2} + iy\right),$$

de sorte que, pour $0 \leqq \ \leqq 1$, on a

$$(4)\qquad |\varphi^{(n)}(t)| < L m_n \Delta_n \quad (^1).$$

2. Remarquons que *si* 1° *a lieu et si*

$$(5)\qquad |F(z)| < M e^{kx},$$

on a, en posant

$$(6)\qquad |F^{(n)}(x_n + iy)| < m_n(x_n) \qquad (-\infty < y < +\infty;\ x_n \geqq x_{n-1} \geqq 0),$$

l'inégalité suivante :

$$(7)\qquad \underline{\lim} \sqrt[n]{m_n(x_n)} > 0.$$

On démontre encore ce fait de la même manière que le théorème III du Mémoire, où l'on pose $\theta(z) = M$. Il n'y a qu'à remarquer que du fait que $F^{(n)}(z)$ est bornée dans chaque bande $0 < a \leqq x \leqq b$ [ce qui résulte de (5) d'après le théorème de Cauchy], résulte que la formule (12) du Mémoire cité peut être remplacée par la suivante :

$$(8)\qquad \varphi^{(n)}(t) = \frac{1}{M} \int_{\frac{1}{2}+\frac{x_n}{t}-i\infty}^{\frac{1}{2}+\frac{x_n}{t}+i\infty} e^{(h-a)z} \frac{d^n F\left[t\left(z-\frac{1}{2}\right)\right]}{d\left[t\left(z-\frac{1}{2}\right)\right]^n} \left(z-\frac{1}{2}\right)^n \frac{\Phi(z)}{z^2}\, dz.$$

L'inégalité (16) du Mémoire devient l'inégalité (3) de cette Note où $0 \leqq t \leqq 1$; $z = \frac{1}{2} + \frac{x_n}{t} + iy$ et où $\theta(z) = M$.

(1) résulte de (2) si $F(z) \not\equiv 0$, d'après un théorème démontré par M. Izumi (²), généralisant celui de M. Landau (³). Il n'en est pas de

(¹) La notation est la même dans le Mémoire cité.

(²) *The Tôhoku Mathematical Journal*, 33, 1930, p. 127.

(³) *Mathematische Annalen*, 102, 1929, p. 177.

même pour le théorème énoncé au début de cette Note ni pour les autres théorèmes établis dans cette Note; d'ailleurs les conditions 3° et (6) sont beaucoup moins restrictives que la condition (2).

En employant les notations du Mémoire cité on voit que (8) donne pour $0 \leqq t \leqq 1$

$$(9) \quad |\varphi^{(n)}(t)| < \frac{m_n(x_n)\Delta_n}{M} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{dy}{\left(\frac{1}{2} + \frac{x_n}{t}\right)^2 + y^2} = \frac{\pi m_n(x_n)\Delta_n}{\left(\frac{1}{2} + \frac{x_n}{t}\right)M} \leqq \frac{\pi m_n(x_n)\Delta_n}{\left(\frac{1}{2} + x_n\right)M} = \Gamma'_n.$$

Mais si

$$(10) \quad \varliminf \sqrt[n]{\frac{m_n(x_n)}{\frac{1}{2} + x_n}} = 0,$$

on peut choisir les Δ_n tels que

$$(11) \quad |\Phi(z)| < \frac{\Delta_n}{|z|^n} \quad (n = 0, 1, \ldots),$$

sans que $\Phi(z)$ soit identiquement nulle et tels que la série

$$\sum \frac{1}{\delta_n^*} \quad (\delta_n^* = \min \sqrt[n+k]{\Delta_{n+k}},\ k = 0, 1, \ldots)$$

converge tandis que la série

$$\sum \frac{1}{\gamma_n'^*} \quad (\gamma_n'^* = \min \sqrt[n+k]{\Delta'_{n+k}},\ k = 0, 1, \ldots)$$

diverge. Il résulte donc du raisonnement employé dans le Mémoire cité que *si* 1°, (5) *et* (6) *ont lieu, alors*

$$(12) \quad \varliminf \sqrt[n]{\frac{m_n(x_n)}{\frac{1}{2} + x_n}} > 0.$$

Si (5) et (6) ont lieu sans que 1° ait lieu, (7) [et à plus forte raison (12)] n'a plus lieu en général : pour $F(z) = \frac{1}{1+z}$, on a

$$\sqrt[n]{m_n(n!)} < \frac{1}{n!}.$$

De même le théorème (A) n'est pas vrai sans la condition 1°; exemple :

$$F(z) = a_0 + a_1 z + \ldots + a_n z^n,$$
$$\theta(z) = (1 + z)^n.$$

THÉORIE DES GROUPES. — *Généralisation du théorème de Frobenius.* Note de M. **W. K. Turkin**, présentée par M. J. Hadamard.

Rappelons le théorème bien connu de Frobenius : « Si n est un diviseur de l'ordre d'un groupe donné, le nombre des éléments de ce groupe dont l'ordre est un diviseur de n est toujours un multiple de n. »

M. L. Weisner [1] a démontré un théorème intéressant servant en quelque sorte de complément au théorème de Frobenius :

« Dans un groupe d'ordre g, le nombre des éléments, s'il en existe, dont l'ordre est un multiple de m, est toujours divisible par le plus grand diviseur de g qui n'a pas de facteur commun avec m. »

M. A. Koulakoff a émis la supposition que les deux théorèmes mentionnés ci-dessus se laissent généraliser en un seul :

« Soient n et m deux diviseurs de l'ordre d'un groupe donné et de plus n multiple de m. Le nombre des éléments de ce groupe, s'il en existe, dont l'ordre est un diviseur de n et un multiple de m est toujours un multiple du plus grand diviseur de n qui n'a pas de facteur commun avec m. »

Les théorèmes de Frobenius et de L. Weisner ne sont évidemment que des cas particuliers du théorème énoncé. Pour obtenir le premier de ces théorèmes, il faut poser $m = 1$; pour obtenir le second, il faut prendre n égal à l'ordre du groupe en question.

Essayons de démontrer ce théorème. Posons

$$m = p^{\alpha} q^{\beta} \ldots r^{\lambda} s^{\delta} \quad \text{et} \quad n = p^{\alpha+i} q^{\beta+j} \ldots r^{\lambda+k} s^{\delta+l} \mathrm{A},$$

où $p, q, \ldots, r, s$ sont des nombres premiers et A n'a pas de facteur commun avec m. En particulier, A peut être égal à 1; dans ce dernier cas, le théorème est évident.

D'après le théorème de Frobenius, le nombre des éléments du groupe dont l'ordre est un diviseur de n est divisible par n et, par conséquent, divisible par A. Soit μn ce nombre. De ce nombre il faut soustraire le nombre des éléments du groupe donné dont l'ordre est un diviseur de n sans être un multiple de m, c'est-à-dire est un diviseur de l'un des nombres suivants :

$$(1) \qquad \frac{n}{p^{i+1}}, \quad \frac{n}{q^{j+1}}, \quad \ldots, \quad \frac{n}{r^{k+1}}, \quad \frac{n}{s^{l+1}}, \quad \ldots.$$

[1] *Bulletin of the American Mathematical Society*, 31, 1925, p. 492-496.

Le nombre de ces éléments est donné par l'expression

$$\nu_1 \frac{n}{p^{i+1}} + \nu_2 \frac{n}{q^{j+1}} + \ldots + \nu_{t-1} \frac{n}{r^{k+1}} + \nu_t \frac{n}{s^{l+1}}.$$

Toutefois il faut remarquer que les éléments dont l'ordre divise plus d'un des nombres (1) entrent plusieurs fois dans cette expression; ces éléments sont des diviseurs de l'un des nombres suivants :

$$(2) \qquad \frac{n}{p^{i+1} q^{j-1}}, \quad \ldots, \quad \frac{n}{p^{i+1} r^{k+1}}, \quad \frac{n}{p^{i+1} s^{l+1}}, \quad \ldots, \quad \frac{n}{r^{k+1} s^{l+1}}, \quad \ldots.$$

Le nombre de ces éléments est donné par l'expression suivante :

$$\rho_1 \frac{n}{p^{i+1} q^{j+1}} + \ldots + \rho_{t-1} \frac{n}{p^{i+1} s^{l+1}} + \ldots + \rho_{\frac{t(t-1)}{2}} \frac{n}{r^{k+1} s^{l+1}}.$$

Mais ici aussi quelques-uns des éléments se répètent; ce sont ceux dont l'ordre divise plus d'un des nombres (2). En conséquence, ici aussi nous devrons apporter la correction nécessaire.

En continuant ce raisonnement, nous arriverons à la fin à des éléments dont l'ordre est un sous-multiple du nombre

$$\frac{n}{p^{i+1} q^{j+1} \ldots r^{k+1} s^{l+1}}.$$

Le nombre de ces éléments est donné par l'expression

$$\sigma \frac{n}{p^{i+1} q^{j+1} \ldots r^{k+1} s^{l+1}}.$$

Le nombre des éléments de notre groupe, dont l'ordre est un diviseur de n et un multiple de m, est égal à

$$(3) \quad \left\{ \begin{aligned} &\rho n - \left(\nu_1 \frac{n}{p^{i+1}} + \nu^2 \frac{n}{q^{j+1}} + \ldots + \nu_{t-1} \frac{n}{r^{k+1}} + \nu_t \frac{n}{s^{k+1}}\right) \\ &+ \left(\rho_1 \frac{n}{p^{i+1} q^{j+1}} + \ldots + \rho_{\frac{t(t-1)}{2}} \frac{n}{r^{k+1} s^{l+1}}\right) - \ldots \pm \sigma \frac{n}{p^{i+1} q^{j+1} \ldots r^{k+1} s^{l+1}}. \end{aligned} \right.$$

Il est facile de voir que chaque élément de notre groupe dont l'ordre est un diviseur de n, mais ne divise aucun des nombres (1) (c'est-à-dire est un multiple de m), figure une seule fois dans l'expression (3). Au contraire, un élément dont l'ordre divise h nombres quelconques parmi les nombres (1) se répète, dans l'expression (3), le nombre de fois suivant :

$$1 - h + \frac{h(h-1)}{h} - \ldots \pm 1 = (1-1)^h = 0.$$

Comme chacun des nombres de l'expression (3) est un multiple de A, l'expression (3), quand elle n'est pas nulle, est aussi un multiple de A.

C. Q. F. D.

Dans notre raisonnement nous ne nous sommes servi que du théorème de Frobenius, mais non du théorème de L. Weisner. De cette façon nous voyons que le théorème de L. Weisner se laisse facilement déduire du théorème de Frobenius.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur la détermination des caractéristiques d'allongement visqueux des métaux à chaud.* Note (1) de MM. **Georges Ranque** et **Pierre Henry**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Trois méthodes de détermination par traction des phénomènes visqueux des métaux aux hautes températures ont été employées, liant les quatre variables *charge*, *allongement*, *temps*, *température* :

1° *A température constante : mesure en fonction du temps d'une charge dont la décroissance est fonction des allongements spontanés.*

2° *A température constante : mesure en fonction du temps d'un allongement spontané à charge constante.*

Cette méthode, actuellement presque seule employée, est très longue et a conduit à des conclusions très discordantes.

3° *A charge constante : mesure en fonction du temps de la température assurant la permanence de la longueur.*

Cette méthode, imaginée par M. Kohn (2), utilise les dilatations réversibles de l'éprouvette pour régler la température du four au moyen d'un servo-moteur : tant que la charge supportée ne produit aucun écoulement la température du four est maintenue constante; si la charge produit un écoulement visqueux irréversible, l'allongement fait baisser la température du four jusqu'à ce que l'écoulement cesse; alors la température devenue constante marque la limite de viscosité sous la charge considérée.

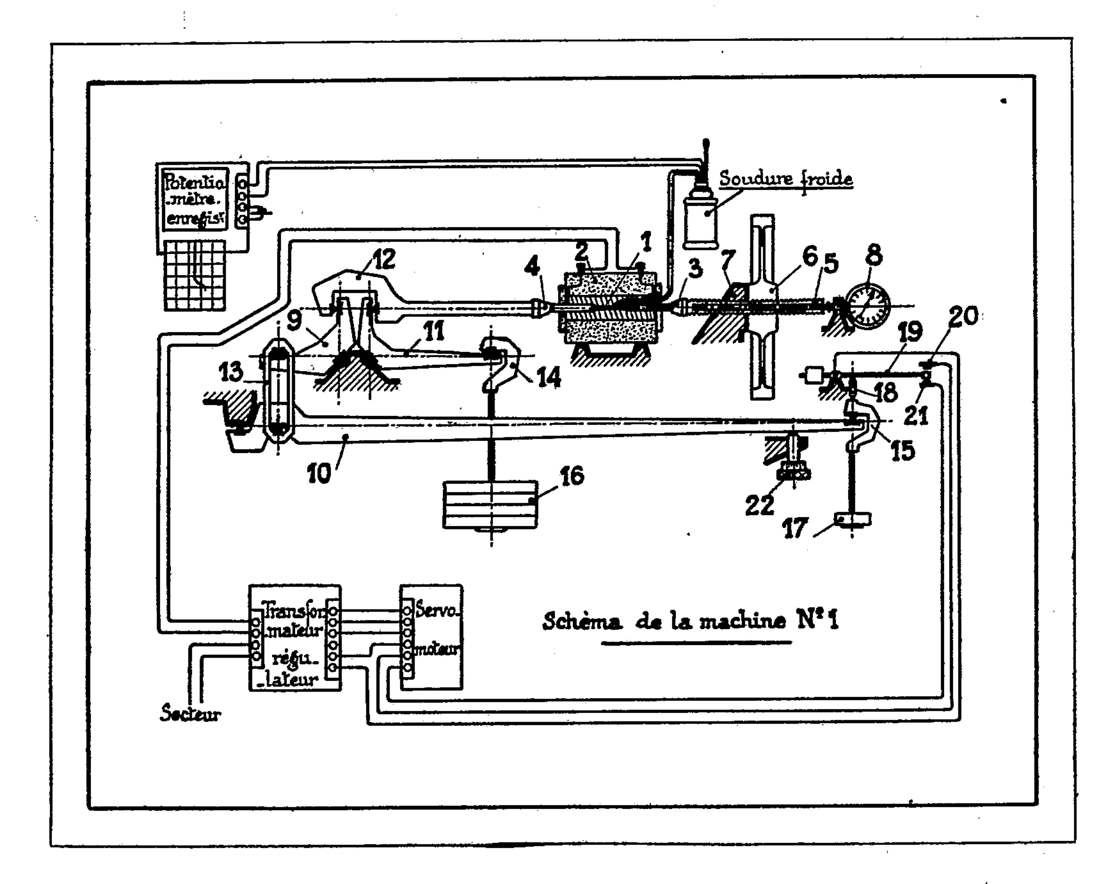
Nous avons construit une machine fonctionnant suivant la méthode de M. Kohn, mais en modifiant son appareil qui comportait une cause d'erreur tendant à donner des températures limites de viscosité variables avec la température initiale à laquelle on avait commencé l'essai.

---

(1) Séance du 23 novembre 1931.

(2) M. Kohn, Communication faite en 1930, au Jubilé du Dr Heraeus, à Hanau.

Dans le schéma ci-dessous, le bâti n'a été figuré que par des hachures aux points de liaison avec le mécanisme; l'éprouvette 1, chauffée par le four 2 est soumise à la charge 17 amplifiée 100 fois par les leviers 9 et 10; à vide l'équilibre est obtenu par la charge 16 et le levier 11. La vis micrométrique 6 permet de compenser les variations de longueur du barreau 1



(1 tour = $0^{mm},02$) et de régler la température par l'intermédiaire du contacteur 19 qui amplifie 5000 fois ces variations et commande en 20 et 21 le servo-moteur changeant la tension du courant de chauffage. La butée micrométrique 22 supprime la charge dès que le barreau s'allonge au delà d'une certaine limite.

La conduite d'une expérience consiste essentiellement à amener le four à température, la machine montée; une fois l'équilibre atteint, à charger l'éprouvette à une valeur un peu supérieure à sa limite de viscosité à cette température (obtenue grossièrement par tâtonnements) à compenser avec

la vis 6 l'allongement élastique instantané, à attendre la fixité de la température, à charger avec un nouveau poids et ainsi de suite.

Voici des résultats d'expériences faites sur du fer Armco :

Températures θ.	Temps t.											
	0.	6 m.	30 m.	1 h.	2 h.	4 h.	6 h.30.	10 h.	18 h.	32 h.	56 h.	100 h.
Observées......	560	557	554	551	549	547	542	538	530	524	518	510
Calculées.......	557	556	555	553	550	546	542	538	532	525	518	510
Différences.....	−3	−1	+1	+2	+1	−1	0	0	+2	+1	0	0

Les première et deuxième lignes du tableau représentent les temps et températures observées à partir de la mise en charge, ces résultats peuvent être représentés par une formule linéaire qui relie les températures décroissantes sous charge constante au logarithme du temps compté à partir d'une origine convenable.

Ici on a

$$\theta = 575 - 32,5 \log(t + 3,45).$$

La troisième ligne du tableau donne les températures calculées par cette formule, la quatrième les différences entre les valeurs observées et calculées.

On peut de ces mêmes mesures déduire la vitesse de fluage du métal aux diverses températures et l'on constate que les logarithmes des vitesses de fluage sous charge constante sont liés linéairement aux températures.

Si l'on extrapole ces formules, établies d'après les mesures poursuivies pendant 100 heures seulement, on trouve qu'au bout de 10000 heures (14 mois) l'allongement total est, sous 6 kg./mm², 158 pour 100 à 550°; 0,65 pour 100 à 475°; 0,003 pour 100 à 400°.

Mais de nouvelles expériences d'une durée plus longue sont nécessaires pour justifier la légitimité d'une semblable extrapolation.

On peut déterminer également, *une limite pratique de viscosité* définie par exemple par un écoulement inférieur à 0,005 pour 100 par heure : on peut obtenir la courbe températures-charges représentant cette limite jusqu'à 700° C. définie par 8 points en 3 jours avec deux éprouvettes.

ASTRONOMIE. — *A propos des systèmes binaires.*

Note de M. **Émile Sevin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nous nous proposons de montrer que les modifications des trajectoires des systèmes binaires, résultant de l'anéantissement progressif de la matière de l'astre principal, sont différentes suivant que cet anéantissement doit être

considéré comme un phénomène continu, rigoureusement proportionnel au temps, ou au contraire comme un phénomène non uniforme. Pour simplifier notre exposé, nous admettrons que la masse m' du compagnon est très petite, par rapport à la masse m de l'astre principal, et nous nous placerons tout d'abord dans le premier cas.

Au bout du temps t, la force attractive a pour expression

$$-\frac{fmm'}{r^2}(1-kt) = -\frac{fmm'}{r^2}\left(1-\frac{k}{C}\int_0^\theta r^2\,d\theta\right),$$

f, k et C étant des constantes, r la distance des deux étoiles et θ l'anomalie vraie. Le mouvement est donc un mouvement képlérien troublé par une force perturbatrice centrale

$$F_c = \frac{fmm'}{r^2}\frac{k}{C}\int_0^\theta r^2\,d\theta,$$

et, en désignant par u l'inverse du rayon vecteur, l'équation différentielle de la trajectoire s'écrit :

$$u+\frac{d^2u}{d\theta^2} = \frac{fm}{C^2}\left(1-\frac{k}{C}\int_0^\theta r^2\,d\theta\right).$$

Pour calculer l'intégrale qui entre dans cette équation, développons r^2 en série de Fourier. Les termes en $\sin n\theta$ sont nuls; dans ces conditions, en désignant par e l'excentricité et en n'écrivant pas explicitement les termes en $\cos 2\theta$, $\cos 3\theta$, ..., qui ne peuvent pas produire d'effet de résonance, il vient :

$$\begin{aligned}
r^2 &= \frac{C^4}{f^2m^2}(1+e\cos\theta)^{-2}\\
&= \frac{C^4}{f^2m^2}\left[\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}(1+e\cos\theta)^{-2}\,d\theta+\frac{\cos\theta}{\pi}\int_0^{2\pi}\cos\theta(1+e\cos\theta)^{-2}\,d\theta+\ldots\right]\\
&= \frac{C^4}{f^2m^2}\left[\frac{1}{(1-e^2)^{\frac{3}{2}}}-\frac{2e}{(1-e^2)^{\frac{3}{2}}}\cos\theta+\ldots\right] = \frac{C^4}{f^2m^2}(A-B\cos\theta+\ldots),
\end{aligned}$$

avec

$$A = \frac{1}{(1-e^2)^{\frac{3}{2}}},\qquad B = \frac{2e}{(1-e^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

Dès lors l'équation différentielle de la trajectoire se met sous la forme :

$$u+\frac{d^2u}{d\theta^2} = \frac{fm}{C^2}\left[1-\frac{kC^3}{f^2m^2}(A\theta-B\sin\theta+\ldots)\right],$$

d'où, en intégrant et en ne conservant que les termes progressifs,

$$u = \frac{fm}{C^2}\left[1 + e\cos\theta - \frac{AkC^3}{f^2m^2}\theta - \frac{1}{2}\frac{BkC^3}{f^2m^2}\theta\cos\theta\right].$$

C'est l'équation d'une spirale dont le rayon vecteur augmente en même temps que θ. On peut écrire :

$$u = \frac{fm}{C^2}\left(1 - \frac{AkC^3}{f^2m^2}\theta\right)\left(1 + \frac{e - \frac{1}{2}\frac{BkC^3}{f^2m^2}\theta}{1 - \frac{AkC^3}{f^2m^2}\theta}\cos\theta\right),$$

et comme $B = 2eA$, il vient finalement :

$$u = \frac{fm}{C^2}\left(1 - \frac{AkC^3}{f^2m^2}\theta\right)(1 + e\cos\theta).$$

Il en résulte que la spirale se confond avec une ellipse, d'excentricité constante, dont le grand axe augmente progressivement tout en conservant une direction invariable.

Écrivons l'expression de la force perturbatrice

$$F_c = \frac{fmm'}{r^2}\,\frac{kC^3}{f^2m^2}(A\theta - B\sin\theta + \ldots).$$

Cette force comporte donc deux termes qui modifient la forme de la trajectoire : le premier croît constamment et provoque l'augmentation du grand axe et de l'excentricité ; le second, quoique restant très petit et étant de grandeur périodique, détruit exactement, par résonance, l'effet du premier sur l'excentricité.

Cela nous conduit à conclure que, si l'anéantissement de la matière n'est pas un phénomène uniforme (1), il n'est pas possible de conserver les résultats ci-dessus. L'effet sur la trajectoire devient statistique, et, tant que le phénomène demeure en moyenne uniforme, la force perturbatrice est proportionnelle à θ. Des calculs analogues aux précédents donnent alors, pour l'équation de la trajectoire :

$$u = \frac{fm}{C^2}(1 - \lambda\theta)\left(1 + \frac{e}{1 - \lambda\theta}\cos\theta\right),$$

(1) Nous estimons que la constance du rayonnement d'une étoile n'entraîne en aucune façon l'uniformité de l'anéantissement de sa matière.

où λ est une constante. Cette fois on constate simultanément une augmentation progressive du grand axe a et de l'excentricité e :

$$\frac{\Delta e}{e} = \lambda\theta, \qquad \frac{\Delta a}{a} = \lambda\theta\frac{1+e^2}{1-e^2},$$

et, la force perturbatrice étant centrale, la variation relative du moyen mouvement m vaut deux fois celle du grand axe changée de signe. On arrive ainsi à la relation

$$\frac{\Delta m}{m} = -2\frac{\Delta a}{a} = -2\frac{\Delta e}{e}\,\frac{1+e^2}{1-e^2}.$$

ÉLECTRICITÉ. — *Application de la méthode de la déviation et de la méthode de zéro à la mesure électromagnétique des petites déformations.* Note de M. **A. Guillet**, présentée par M. A. Cotton.

En essayant de mettre au point la mesure expéditive et précise des petites déformations linéaires ou angulaires de nature élastique, thermique ou autre au moyen de l'induction électromagnétique, j'ai été conduit à certains modes opératoires qu'il me semble utile d'indiquer.

Dans cette méthode de mesure le déplacement à estimer est transmis, avec ou sans amplification préalable, à l'un des circuits d'un transformateur que je supposerai sans fer et construit de façon à subir des variations d'inductance mutuelle proportionnelles aux déplacements du circuit mobile (¹). En définitive, tout revient à mesurer une variation d'inductance mutuelle et par suite une variation correspondante de charge induite, ce qui nécessite l'excitation par courant variable du circuit fixe du transformateur.

Pour des raisons évidentes, l'emploi du courant alternatif semble s'imposer et il convient alors de recevoir les charges induites dans un galvanomètre, associé à un redresseur ou à un trieur, en raison de sa sensibilité qui peut être rendue plus grande que celle des électrodynamomètres dont on dispose aujourd'hui, quels qu'ils soient.

Il est particulièrement simple de faire emploi d'un détecteur à galène; on sait (²) qu'alors le courant détecté i est d'abord proportionnel au carré M^2 de l'inductance du transformateur, puis, à partir d'une certaine

(¹) *Comptes rendus*, 146, 1908, p. 465.
(²) *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 1071.

valeur M_0 de M, on peut considérer pratiquement l'arc de parabole $i = JM^2$ comme raccordé à une droite passant par le point (i_0, M_0) et de coefficient angulaire $2JM_0$, caractéristique de l'état du contact.

Pour effectuer une série de mesures, il faut partir d'un état initial i_1, M_1 relatif à un point de la droite assez éloigné du contact pour que les variations d'inductance à partir de l'état correspondant à ce point soient, dans un sens ou dans l'autre, proportionnelles aux indications du galvanomètre. Il est facile en opérant ainsi de traduire une déformation ε par un déplacement du spot du galvanomètre proportionnel à ε et amplifié dans un rapport quelconque, des dizaines de milliers de fois si on le juge utile et cela avec un courant inducteur de quelques dixièmes d'ampère seulement.

La galène ne se prête pas à l'emploi de la méthode de zéro proprement dite car elle perd rapidement toute sensibilité lorsque l'inductance tend vers zéro : l'arc de parabole $i = J_0 M^2 I^{\frac{p}{q}}$ a en effet son sommet à l'origine et est tangent en ce point à l'axe des M. Le détecteur à galène ainsi employé est d'une stabilité remarquable; il faut pour qu'une brusque variation de sensibilité se manifeste que sa pointe subisse un déplacement que seul un ébranlement accidentel violent peut produire, surtout si l'on utilise la disposition réalisée dans la galène *excentro*. Alors, en agissant sur la pointe de façon à reproduire, pour les mêmes valeurs de M et de I, la déviation déjà obtenue, on rétablit l'état antérieur : l'arc de parabole est, en effet, déterminé par un seul de ses points. Il faut cependant signaler un accroissement faible progressif et lent de la sensibilité au cours d'une série prolongée de mesures. Au secteur d'éclairage j'ai substitué avantageusement un petit alternateur d'avion à fer tournant que m'a obligeamment prêté M. A. Cotton.

Il est moins simple d'utiliser une force électromotrice constante car il faut alors qu'un organe auxiliaire ouvre et ferme périodiquement le circuit inducteur. Dans ce cas il est préférable de supprimer la galène et d'opérer à l'aide d'un interrupteur trieur ou d'un interrupteur redresseur. Ce dispositif permet l'emploi de la *méthode de zéro* sous la forme suivante : deux transformateurs T_1, T_2 sont montés en série et construits de façon qu'à une même variation d'inductance mutuelle ΔM correspondent des déplacements ε_1, ε_2 tels que

$$\Delta M = \varepsilon_1 a = \varepsilon_2 \frac{1}{b},$$

a et b étant des paramètres très grands. Alors la déformation ε_1 se trouve traduite par un déplacement $\varepsilon_2 = ab\varepsilon_1$.

On réalise ainsi un comparateur de pouvoir multiplicateur *ab* où il n'y a plus à maintenir invariables les facteurs expérimentaux (intensité du courant, fréquence). Seule intervient la sensibilité du récepteur qui permet de constater que les deux variations opposées d'inductance mutuelle se compensent.

ÉLECTRICITÉ. — *L'adsorption des ions par des particules sphériques conductrices dans un champ ionisé.* Note de M. **M. Pauthenier** et Mme **Moreau-Hanot**, présentée par M. A. Cotton.

Nous nous sommes proposé d'étudier théoriquement la charge et le mouvement pris par une particule *sphérique conductrice* de quelques microns à 100 microns de rayon, dans un champ ionisé d'intensité connue, et de contrôler expérimentalement les résultats du calcul.

Historique. — Rohmann [1] a traité un problème voisin; mais il considère le cas de particules non conductrices, de plus il les suppose soumises à l'action des ions pendant un temps limité, très insuffisant pour leur donner leur charge limite. Son analyse n'est pas poussée assez loin pour permettre l'étude générale du mouvement des particules.

Deutsch [2] s'est placé à un point de vue analogue au nôtre; mais il a estimé que l'apport des ions sur les particules était dû à l'agitation thermique et non au champ. Dans un travail plus récent [3] le même auteur précise que les résultats de la théorie approchée précédente ne s'appliquent correctement qu'aux particules de 10^{-5} cm de rayon et donnent des nombres trop faibles pour les particules plus grosses.

D'autre part les expérimentateurs précédents ont cru pouvoir contrôler sur des poudres quelconques la théorie faite pour des particules sphériques, ce qui ajoute une incertitude de plus à une vérification déjà difficile. C'est pourquoi nous nous sommes attachés à supprimer cette cause d'erreur dans le contrôle expérimental ultérieur.

Le champ électrique au voisinage immédiat d'une particule sphérique conductrice. — Soit une petite sphère de centre O, de rayon a, possédant n charges élémentaires négatives $-e$ et placée dans un champ électrique E_0 parallèle à OY.

Considérons une charge $-e$ située en un point A voisin de la sphère déterminé par ses coordonnées polaires $OA = a(1 + x$ et $\widehat{YOA} = \theta$. Cal-

(1) H. Rohmann, *Zeitsch. f. Phys.*, 17, 1923, p. 253-265.
(2) W. Deutsch, *Ann. der Phys.*, 68, 1922, p. 334-335.
(3) W. Deutsch, *Zeitsch. f. techn. Phys.*, 7, 1926, p. 623.

culons la composante radiale F de la force qui s'exerce sur cette charge — e.

Au champ donné E_0 correspond la composante radiale $-E_0 e\cos\theta$ qui constitue un premier terme, auquel nous devons ajouter : l'action des charges induites par le champ, calculée conformément à la théorie classique (terme 2), la répulsion de Coulomb (terme 3), l'action de l'image électrique de A, située au conjugué de A par rapport à la sphère (terme 4). Ces trois derniers termes s'écrivent respectivement

$$(2)\qquad -\frac{2E_0 e\cos\theta}{(1+x)^3},$$

$$(3)\qquad +\frac{ne^2}{a^2(1+x)^2},$$

$$(4)\qquad \frac{-e^2}{4a^2x^2}\,\frac{2(1+x)^2-1}{(1+x)^3\left(1+\dfrac{x}{2}\right)^2}.$$

Dans le cas où nous nous sommes placés (et d'ailleurs dès que $a > 10^{-4}$ cm), la discussion montre que le terme (4) peut être pratiquement confondu avec la valeur $\frac{-e^2}{4a^2x^2}$ dès que x est assez petit pour que l'action de l'image électrique soit à considérer.

Supposons d'abord n petit (sphère peu chargée); il existe au voisinage immédiat de la sphère des valeurs de θ pour lesquelles la force calculée est négative quel que soit x : c'est-à-dire que les ions assez voisins du pôle T se dirigent *vers* la sphère et que la charge de celle-ci augmente.

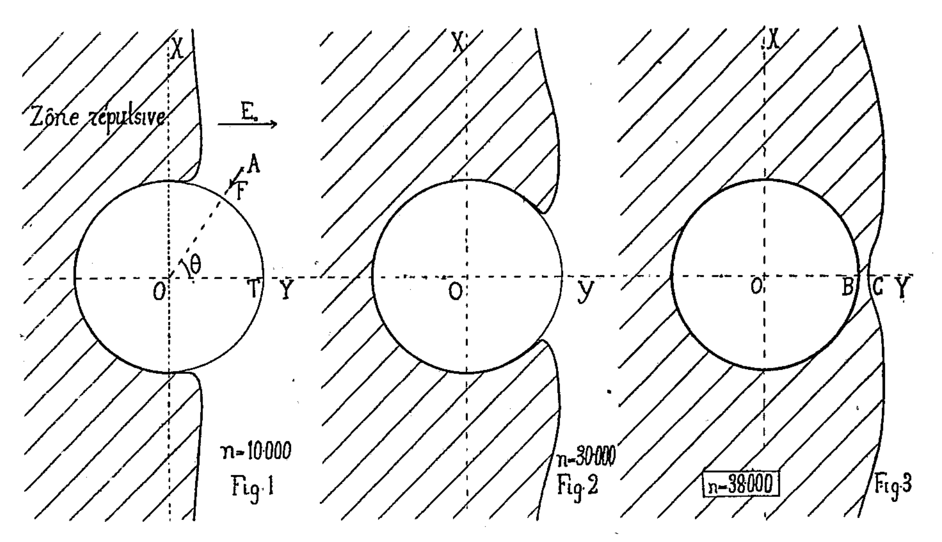
Si le nombre n augmente, l'afflux d'ions diminue de plus en plus. Cherchons d'abord le lieu des points de l'espace où la force F calculée plus haut s'annule; nous obtenons l'équation de la méridienne du lieu :

$$F = -E_0 e\cos\theta\left[1+\frac{2}{(1+x)^3}\right]+\frac{ne^2}{a^2(1+x)^2}-\frac{e^2}{4a^2x^2}=0.$$

Pour des valeurs croissantes de la charge — ne, le lieu des points pour lesquels le champ radial s'annule en changeant de signe est représenté par les trois courbes des figures 1, 2 et 3, correspondant à $a = 10^{\mu}$ et 6 C. G. S. et qui ont été construites par notre collaborateur Guillien. Ces trois courbes ont pour asymptote OX. Dans le dessin de la figure 3, l'une des nappes de la méridienne est pratiquement confondue avec la sphère.

D'abord (*fig.* 1 et 2) la sphère augmente progressivement sa défense contre l'afflux des ions; elle finit (*fig.* 3) par être complètement entourée d'une zone répulsive que les ions ne pourraient plus franchir que par agita-

tion thermique. Le calcul montre que l'on passe de l'état 2 à l'état 3 pour une charge très voisine de la valeur critique $3E_0a^2$ et que dans le cas qui nous occupe, la largeur minimum BC de la zone répulsive est voisine de $\frac{a}{3}$ lorsque la charge dépasse de $\frac{1}{10}$ la charge critique : quand le rayon n'est



que de 3μ cette largeur BC vaut déjà 10 fois le libre parcours moyen des ions dans l'air à la pression normale. Le rôle éventuel du mouvement brownien est donc rapidement limité dans le cas des grosses particules qui nous occupent actuellement.

Ces considérations sont naturellement à la base de la dynamique des gros ions dans les espaces ionisés.

MAGNÉTISME. — *Moments ferromagnétiques et système périodique.* Note (1) de M. **Ch. Sadron**, présentée par M. Pierre Weiss.

J'ai indiqué (2) comment on peut déduire le moment atomique d'un élément quelconque de la saturation ferromagnétique de ses solutions solides diluées dans le nickel ou dans le cobalt.

J'ai appliqué systématiquement cette méthode à quinze éléments et j'ai pu ainsi dégager les lois de variation du moment atomique :

(1) Séance du 23 novembre 1931.

(2) Ch. Sadron, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1311.

1° dans une même colonne du tableau périodique;

2° dans une même ligne : celle du fer.

1° *Moments dans une même colonne.* — J'ai déjà montré (*loc. cit.*) que le moment est le même dans les colonnes Ni-Pd-Pt et Cr-Mo-W. Cette loi est confirmée par les nouveaux exemples Si-Sn, V-Sb et Cu-Au. Voici, réunis par colonnes, les moments, en magnétons de Weiss, sur lesquels repose la démonstration :

Cu = 2,09;	Si = 17,8;	V = 23,0;	Cr = 19,0;	Ni = 3,00
Au = 2,3;	Sn = 18,0;	Sb = 24,4;	Mo = 19,5;	Pd = 3,0
			W = 19;	Pt = 2,9

Les différences entre les valeurs des moments dans une même colonne sont inférieures aux erreurs d'expérience possibles.

Je signale une exception. Le ruthénium et le fer sont situés dans la même colonne. Le moment du ruthénium dans le nickel est de $10,8 \pm 0,5$ magnétons, tandis que celui du fer en solution solide étendue dans le nickel est de 14,0 magnétons (¹). Le moment du ruthénium n'est donc pas égal à celui du fer dans le nickel, mais au moment 11 du fer pur.

2° *Moments dans la ligne du fer.* — La ligne du fer contient les éléments suivants :

K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni.

Je n'ai pas déterminé directement les moments de K, Ca, Sc, Ti, mais j'ai admis, en me basant sur la loi établie ci-dessus, qu'ils étaient respectivement égaux à ceux de Cu, Zn, Al, Sn. Les résultats sont les suivants :

Élément....	K (Cu).	Ca (Zn).	Sc (Al).	Ti (Sn).	V.	Cr.	Mn.	Fe.	Co.	Ni.
Moment......	2,09	7,3	12,2	18,0	23,0	19,0	15,0	14,0	9,0	3,0
N° atomique..	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28

Ces moments sont représentés dans la ligne inférieure de la figure ci-après.

La ligne supérieure est la courbe des moments des ions en fonction du nombre atomique effectif (Cabrera).

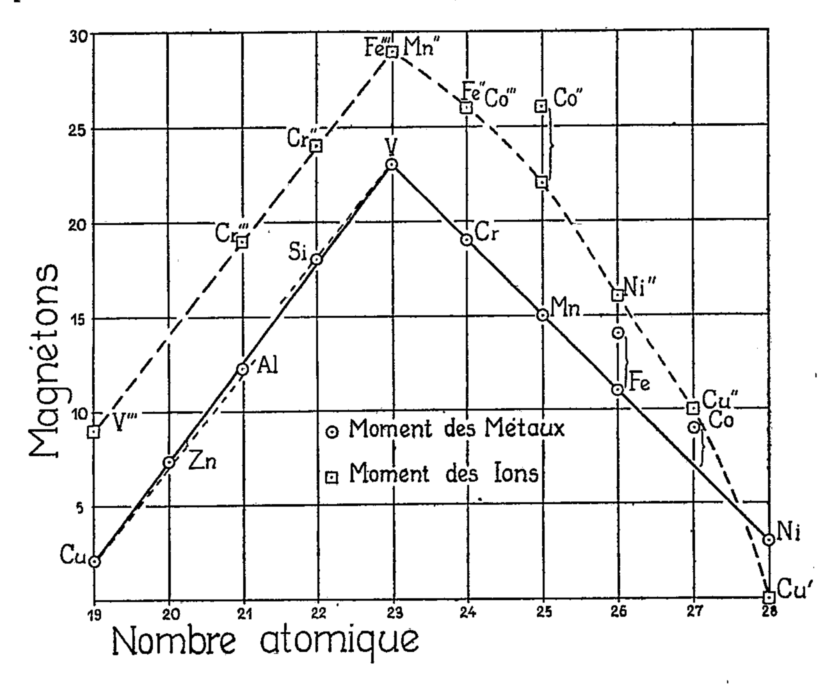
La ligne des moments des métaux se compose de deux droites :

a. Branche descendante vanadium-nickel. — Les points 19,0 du Cr et 15,0 du Mn se placent exactement sur la droite joignant les points représentatifs du V et du Ni. Il en est de même du point 11,0 du fer pur et du ruthénium

(¹) Forrer, *Journ. de Phys.*, 7ᵉ série, 1, x, 1930, p. 325-339.

tandis que le moment 14,0 du fer dans le nickel s'en écarte. Le moment 9 du cobalt dans le nickel (¹) fait aussi exception. Mais le cobalt est susceptible de nombreux moments tant à l'état métallique (²) qu'à l'état d'ion (³). La multiplicité de ces valeurs rend plausible la valeur 7 exigée par la droite.

La pente de la droite donnée par les moments de V, Cr, Mn, Fe pur et



Ni pur est déterminée avec exactitude et égale à — 4,0 magnétons par électron ajouté.

b. Branche ascendante cuivre-vanadium. — La droite joignant le point 2,09 du cuivre au point 23,0 du vanadium donne pour les moments intermédiaires les valeurs 7,32, 12,55, 17,77 compatibles avec les valeurs observées 7,3, 12,2, 18,0.

L'augmentation correspondante du moment est de 5,23 magnétons par électron supplémentaire. Les valeurs entières 7,0, 12,0, 18,0 sont également acceptables. La branche ascendante se composerait alors de deux tronçons

(¹) FORRER, *loc. cit.*

(²) FORRER, *loc. cit.* — KAYA, *Science Rep. of the Tohokû Imp. Univ.*, series I, 17, VII, p. 1157-1177.

(³) CHATILLON, *Thèse, Strasbourg*, 1927. — Mlle SERRES, *Thèse, Strasbourg*, 1931.

de droite (voir figure, traits interrompus) correspondant à une augmentation de 5,0 magnétons expérimentaux, ou un magnéton de Bohr, par électron avec un décalage de 1 magnéton expérimental entre Sc et Ti.

Je suis donc conduit à conclure que, pour l'état où se trouvent les éléments quand ils sont en solution solide étendue dans le nickel ou le cobalt :

1° Le moment atomique est le même dans une même colonne du tableau périodique;

2° La variation du moment par électron dans la ligne du fer est, dans la branche descendante (la mieux déterminée), exactement égale à 4 magnétons expérimentaux. Dans la branche ascendante elle est probablement égale à 5 magnétons expérimentaux (ou un magnéton de Bohr) avec une différence d'une unité entre le scandium et le titane.

OSCILLATIONS ÉLECTRIQUES. — *Sur les oscillations entretenues par les lampes à grille positive.* Note de M. **Antonio Rostagni**, présentée par M. A. Cotton.

M. Th. Jonescu a récemment [1] proposé une interprétation remarquable des oscillations à très haute fréquence que l'on obtient dans des lampes ayant la grille positive et la plaque à un potentiel nul ou négatif. Il y fait intervenir d'une façon essentielle le gaz résiduel dans la lampe, en ramenant les oscillations observées à des oscillations propres de ce gaz ionisé. Le calcul de la longueur d'onde λ, d'après une formule donnée auparavant par le même auteur, conduit à une relation avec le potentiel de grille V, de la forme $\lambda^2 V = \text{const.}$ C'est bien la forme des relations admises par Barkhausen, Gill et Morrel, et par la plupart de ceux qui ont étudié le fonctionnement des lampes à grille positive. Mais l'expression de la constante donnée par M. Jonescu, au lieu d'être une fonction seulement des dimensions intérieures de la lampe, contient le rapport du nombre des ions positifs au nombre des électrons. L'on peut donc calculer ce rapport d'après des déterminations, par l'expérience, des λ et des V correspondants.

Comme je disposais de séries de ces valeurs obtenues avec des lampes ordinaires à vide poussé, j'ai essayé ce calcul : j'ai trouvé que le nombre d'ions positifs dans la lampe devrait être du même ordre de grandeur que le nombre des électrons. Or, un tel nombre d'ions serait décelé, en l'absence

(1) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 575.

d'oscillations, par un courant de plaque notable, que je n'ai point observé.

Il faut conclure que l'explication de M. Jonescu, tel qu'il l'a énoncée, ne peut pas être acceptée pour les oscillations des lampes à vide très poussé, qui ont été étudiées par la plupart des auteurs (1). Ses résultats sont valables peut-être pour les oscillations qui dépendent d'une façon essentielle de la pression du gaz dans la lampe et disparaissent aussitôt que cette pression est réduite au-dessous d'une certaine limite : de telles oscillations ont été parfois observées, entre autres dans des recherches récentes de MM. C. Gutton et G. Beauvais.

Pour les oscillations de l'autre type, proprement dites électroniques, j'ai eu occasion de proposer récemment (2) une interprétation, d'un point de vue analogue à celui de M. Jonescu, les ramenant à des oscillations propres de l'ensemble des électrons contenus dans la lampe, dans l'espace compris entre la grille et la plaque.

Il est connu qu'un ensemble de N électrons, contenus en équilibre statistique dans un condensateur soumis à une différence de potentiel alternative, agit comme une self en dérivation par rapport au condensateur, du moins autant que l'on néglige la perturbation apportée par la charge spatiale dans le champ électrique. Le système équivaut donc à un circuit oscillant, dont la période peut s'exprimer en fonction de N. On a pour la longueur d'onde correspondante

$$\lambda = \sqrt{\frac{\pi m v}{\varepsilon^2 N}} = \frac{3,35.10^6\sqrt{v}}{\sqrt{N}}, \tag{1}$$

ε et m étant la charge et la masse de l'électron, v le volume renfermé par les armatures.

J'ai voulu appliquer ces considérations au système grille-plaque des lampes à grille positive. J'ai essayé un calcul du nombre N des électrons contenu entre ces électrodes à l'état de régime, pour un courant d'émission i_e et un potentiel de grille V donnés, en introduisant ensuite ce nombre dans la formule (1).

Les valeurs que j'ai ainsi obtenues pour λ s'accordent assez bien avec l'expérience. Surtout, la forme de la relation prévue entre λ et N, $\lambda = \frac{K}{\sqrt{N}}$, est

(1) Voir quelques-uns des résumés donnés par Hollman (*Zeits. f. Hochfr.*, 33, 1929, p. 27, 66, 101), Kohl (*Ergebn. d. Exakt. Naturwiss.*, 9, p. 275) etc.

(2) *Atti di Torino*, 66, 1931, p. 123, 217.

vérifiée d'une façon très satisfaisante. Cela résulte de mesures exécutées sur des lampes de cinq types différents; les données seront publiées prochainement dans un travail plus complet.

Le nombre N est calculé en tenant compte des effets de charge spatiale. La valeur la plus convenable de la constante K, déterminée par la méthode des moindres carrés d'après les données d'expérience, ne s'éloigne jamais beaucoup de la valeur théorique $3,35 \, . \, 10^6 \sqrt{v}$.

D'après mon interprétation l'élément fondamental, qui détermine le processus oscillatoire, est donc le nombre N. Comme celui-ci est une fonction à la fois de i_e et de v on trouve ainsi justifiée l'observation tant de fois répétée, que les oscillations ne dépendent pas seulement de v, mais aussi de i_e. La relation de Barkhausen $\lambda^2 V = \text{const.}$ en résulte, pour les cas où elle est vérifiée, comme une conséquence particulière. Les oscillations du type Pierret peuvent aussi rentrer dans le cadre proposé, avec celles du type Barkhausen, Gill et Morrel, etc.

OPTIQUE. — *Sur la polarisation circulaire des raies de Raman.* Note de M. **A. Kastler**, présentée par M. A. Cotton.

Hanle et Bär ont constaté des effets remarquables en étudiant la polarisation circulaire des raies de Raman produites par de la lumière incidente polarisée circulairement (¹). Ils observent la lumière diffusée presque parallèlement au faisceau incident (effet longitudinal), alors qu'en général on observe perpendiculairement au faisceau incident (effet transversal). Ils constatent ainsi que certaines raies de Raman sont polarisées circulairement dans le même sens que la lumière incidente, d'autres en sens contraire. La règle suivante paraît vérifiée : Les raies qui présentent l'inversion du sens de polarisation circulaire dans l'effet longitudinal sont celles qui sont fortement dépolarisées dans l'effet transversal. Si l'on suppose cette règle générale, on doit s'attendre à trouver dans la structure fine de rotation les états de polarisation suivants : Les raies Q étant peu dépolarisées dans l'effet transversal (²) doivent être polarisées circulairement dans le même sens,

(¹) W. Hanle, *Ueber eine Anomalie bei der Polarisation der Ramanstrahlung* (*Naturwissenschaften*, 19, 1931, nº 18, p, 375). — R. Bar, *Naturwissenschaften*, 19, 1931, nº 22, p. 463.

(²) C. Manneback, *Intensität und Polarisation der gestreuten Strahlung* (*Zeits. f. Phys.*, 62, 1930, p. 248).

les raies P et R étant très dépolarisées [1] dans l'effet transversal, doivent être polarisées circulairement en sens inverse dans l'effet longitudinal. Une telle inversion du sens de polarisation circulaire, surprenante au premier abord, est exigée, comme nous allons le voir, par le principe de conservation du moment cinétique, appliqué au processus de diffusion de la lumière.

En appliquant ce principe, M. Rubinowicz [2] a établi des règles de sélection et de polarisation pour les cas d'émission et d'absorption de lumière par l'atome.

Il trouve pour le quantum azimutal la règle de sélection.

$$\Delta j = \pm 1.$$

Dans le cas d'une molécule cette règle subsiste à la condition de faire correspondre au nombre j le moment cinétique total de la molécule. Le saut Δj entraîne une variation ΔM du mouvement cinétique de la molécule :

$$\overrightarrow{\Delta M} = \frac{h}{2\pi}\overrightarrow{\Delta j}.$$

Le moment cinétique M' de l'onde lumineuse, qui ne peut dépasser en valeur absolue la grandeur $\frac{h}{2\pi}$, est égal et opposé à ΔM.

La règle de sélection doit être complétée par une règle de polarisation : $M' = +\frac{h}{2\pi}$ correspond à une onde lumineuse polarisée circulairement à droite; $M' = -\frac{h}{2\pi}$ à une onde circulaire gauche.

Dans les phénomènes d'émission et d'absorption de lumière, ayant lieu en absence d'un champ directeur, la règle de polarisation est inapplicable, car les directions privilégiées des molécules (vecteurs j) sont orientées au hasard dans l'espace.

La méthode de Rubinowicz doit aussi s'appliquer au processus de diffusion de la lumière. *On doit exiger que, dans l'acte de diffusion, la variation de moment cinétique de l'onde lumineuse soit égale et opposée à celle de la molécule.* On peut d'ailleurs considérer le processus de diffusion, à cause du troisième niveau intermédiaire, comme un phénomène d'absorption suivi d'une réémission de lumière, et l'on peut alors appliquer les conclusions de Rubi-

---

(1) C. MANNEBACK, *loc. cit.*

(2) Voir A. SOMMERFELD, *Erhaltung von Impulsmoment, Auswahlprinzip und Polarisationsregel* (*Atombau und Spektrallinien*, 3e édition allemande, p. 317-333).

nowicz à chacun de ces actes élémentaires successifs. On trouve ainsi les règles de sélection de l'effet Raman :

$$\Delta j = 0 \quad \text{et} \quad \Delta j = \pm 2.$$

Mais, dans le cas, de la diffusion on peut compléter cette règle par des règles de polarisation, car le système possède une orientation privilégiée dans l'espace : la direction du rayon lumineux incident. Lorsque la lumière incidente est polarisée circulairement, son moment cinétique $\vec{M}'$ est dirigé suivant le rayon lumineux. Seules les molécules dont le vecteur $\vec{j}$ est momentanément orienté dans cette direction peuvent l'absorber. L'onde réémise immédiatement ([1]) possédera le même axe de symétrie que l'onde incidente.

Nous avons les cas suivants à envisager :

1° $\Delta j = 0$. Raies Q. Le moment cinétique de la molécule n'a pas varié. Le moment cinétique de l'onde diffusée doit donc être égal à celui de l'onde incidente.

Les raies Q *doivent être polarisées circulairement dans le même sens que la lumière incidente.*

2° $\Delta j = \pm 2$. Raies R et P. Le moment cinétique de la molécule a varié de $\Delta M = \pm 2 \frac{h}{2\pi}$. Celui de l'onde aura donc également varié de $\mp \frac{2h}{2\pi}$.

Cela ne permet $\left(\text{à cause de l'inégalité } |M'| \leq \frac{h}{2\pi}\right)$ pour la lumière que les transformations suivantes :

$$+\frac{h}{2\pi} \rightarrow -\frac{h}{2\pi} \quad \text{et} \quad -\frac{h}{2\pi} \rightarrow +\frac{h}{2\pi},$$

qui correspondent à une inversion du sens de polarisation circulaire.

Les raies R *et* P *doivent être polarisées circulairement en sens inverse de la lumière incidente.*

Dans les considérations précédentes l'auteur s'est placé, pour la lumière, au point de vue de la théorie ondulatoire de Maxwell. Raman et Bhagavantam, dans un Mémoire tout récent ([2]), reçu après la rédaction de cette Note, arrivent aux mêmes conclusions, en partant de l'idée d'un spin du photon individuel.

([1]) La dépolarisation des raies diffusées pourra précisément nous renseigner sur la désorientation du vecteur j et partant sur la durée de l'acte de diffusion.

([2]) Raman and Bhagavantam, *The Experimental Proof of the Spin of the Photon* (*Indian Journal of Physics*, 6, Part IV, 1931, p. 353).

Remarques sur la Note précédente de M. A. KASTLER,
par M. **A. COTTON.**

M. A. Kastler, dans cette Note, se rencontre avec M. Jean Cabannes qui a envoyé sur le même sujet, le 27 octobre dernier, à la Rédaction du *Journal de Physique*, un Mémoire plus étendu dont j'avais reçu une copie. Tous deux ont d'ailleurs été précédés par Sir C. V. Raman : Dans la première partie de l'article récent cité par M. Kastler, et déjà dans une Note de *Nature* (128, 1931, p. 545), C. V. Raman indiquait que les expériences de Hanle et Bär pouvaient être interprétées, non seulement par l'hypothèse du *spin* des photons, mais par la théorie classique. Les faits qui, d'après C. V. Raman, constituent une preuve décisive pour l'existence du spin en question, sont ceux qu'il a trouvés en mesurant l'état de polarisation non pas des raies de Raman, mais des raies diffusées *sans changement de longueur d'onde*.

On avait déjà signalé que de part et d'autre de ces raies se trouve une portion de spectre continu formé par de la lumière à peu près dépolarisée. C'est la mesure de la dépolarisation de la raie d'une part, du fond de l'autre, qui, d'après Sir C. V. Raman et S. Bhagavantam, permet seule de trancher la question de l'existence du spin.

Dans sa Note, M. Kastler fait allusion à une influence possible d'un champ extérieur sur le phénomène de Raman. Je voudrais à cette occasion dire un mot de quelques essais que nous avons faits l'an passé dans cette direction, M. Andant et moi, avec le gros électro-aimant de Bellevue.

On ne peut pas s'attendre à voir le champ magnétique modifier profondément les raies de Raman, comme il le fait pour les raies émises par une source placée dans le champ, mais les mouvements d'oscillation et de rotation auxquels on attribue l'effet Raman peuvent cependant subir quelque influence sous l'action du magnétisme : on est conduit ainsi à examiner l'intensité et l'état de polarisation de ces raies lorsque le fluide qui les émet est placé dans le champ d'un électro-aimant.

Une cuve renfermant du nitrobenzène était placée entre les pôles donnant un champ de 46300 gauss. Le faisceau éclairant provenant d'un arc au mercure, et le faisceau diffusé (à angle droit) étaient tous deux normaux aux lignes de force du champ. Un dispositif simple (bilame demi-onde, avec les lignes neutres correspondantes faisant un angle de 45°, dont on projetait l'image sur la fente à travers un nicol) permettait d'obtenir en même temps,

avec ou sans champ, deux spectres de Raman contigus, correspondant l'un aux vibrations horizontales parallèles aux lignes de force, l'autre aux vibrations verticales normales à ces lignes.

Voici ce qu'on a remarqué ([1]) en examinant les clichés ou en les mesurant au microphotomètre.

Les raies de Raman dans le champ employé, étudiées avec un spectrographe à prismes (ne donnant naturellement aucun renseignement sur leur structure fine) ne subissent aucune décomposition ou changement notable d'aspect. Mais dans les quatre clichés obtenus, les raies de Raman produites par la raie indigo du mercure, et correspondant notamment aux changements de fréquence 1112, 1342, 1587 ont paru augmenter nettement d'intensité dans le spectre des vibrations parallèles au champ. Les raies 1112, 1587 (attribuées au noyau benzénique) augmentent aussi d'intensité sous l'action du champ dans le spectre des vibrations normales au champ, tandis que pour la raie 1342 (attribuée à NO^2) cette augmentation est pour le moins douteuse. Les raies simplement diffusées du mercure, de longueurs d'onde 4916 et 5461, photographiées en même temps, qui se prêtent à des mesures de densités sur les clichés, ne varient pas d'intensité comme les raies Raman. Les récents travaux parus sur la question suggèrent des expériences analogues : voilà pourquoi je signale, malgré leur caractère incomplet, et avec les réserves qui s'imposent, ces essais préliminaires.

POLARISATION ROTATOIRE. — *De l'influence de la nature des liaisons chimiques sur la production du dichroïsme circulaire.* Note de M. **J.-P. Mathieu**, présentée par M. A. Cotton.

L'effet Cotton (existence simultanée de la dispersion rotatoire anormale et du dichroïsme circulaire dans les corps absorbants doués de pouvoir rotatoire naturel) ne s'observe pas chez tous les corps à la fois actifs et absorbants. Dans certains cas, on peut rapporter sans ambiguïté l'activité

([1]) Dans la première expérience une raie de Raman a été complètement supprimée par l'action du champ ; mais ce fait était dû à une cause accidentelle : la pose sans champ avait précédé la pose avec champ : or, cette raie était due à une raie du mercure de longueur d'onde plus courte, pour laquelle le liquide devient bien vite très absorbant sous l'influence de la lumière, comme l'a signalé Sirkar (*Indian Journal of Physics*, 6, 1930, p. 665).

de l'espèce chimique étudiée à la présence dans sa molécule d'un atome asymétrique et une de ses bandes d'absorption à la présence d'un chromophore déterminé. On peut alors chercher des relations qualitatives entre l'existence ou l'absence de l'effet Cotton dans la bande considérée et la nature des forces de valence qui unissent l'un à l'autre le groupe actif et le groupe absorbant. Une telle étude a été entreprise par Lifschitz ([1]). Cet auteur considére un certain nombre de composés dont le domaine d'absorption est situé dans le spectre visible, et adopte les théories de Werner relatives aux forces de valence. Cependant toutes ses conclusions ne peuvent être considérées comme générales, vu le petit nombre de cas expérimentaux étudiés jusqu'à présent. Deux des règles les plus fermement établies semblent les suivantes : les liaisons homopolaires principales qui unissent directement le chromophore au groupe actif entraînent l'effet Cotton ; les liaisons de valence hérétopolaires (électrolytiques) ne le produisent pas. Cette seconde proposition a été vérifiée par Lifschitz ([2]), Olmstead ([3]), Darmois ([4]), sur des sels à cations colorés d'acides organiques actifs.

J'ai pu observer directement, dans des solutions actives de composés d'acide tartrique et de chrome, une modification de la nature des forces de valence qui unissent l'atome métallique au reste actif de la molécule.

Ces solutions sont préparées en dissolvant une quantité connue d'hydroxyde de chrome fraîchement précipité dans un volume mesuré d'une solution titrée d'acide tartrique refroidie à 0° C. Les solutions pour lesquelles le rapport $\frac{\text{atomes-grammes de chrome}}{\text{molécules-grammes d'acide tartrique}} = \frac{1}{3}$, et qui correspondent à la composition du tartrate acide, ont une couleur bleu violacé. Elles présentent un maximum d'absorption vers $570^{m\mu}$. Si l'on étudie leurs propriétés *aussitôt* après leur préparation, on constate que le sel chromique qu'elles contiennent est normalement ionisé : l'ion coloré se déplace vers la cathode si l'on établit un champ électrique dans la solution ; la conductivité équivalente a une grandeur normale ; la totalité du chrome en solution est précipitable par l'ammoniaque à l'état d'hydroxyde.

Ces solutions ont une dispersion rotatoire normale et ne possèdent pas de dichroïsme circulaire. Leur pouvoir rotatoire (voir tableau, 1re colonne) croît régulièrement avec le pH de la solution, comme dans la saturation de l'acide tartrique par une base alcaline.

([1]) J. Lifschitz, *Zeits. f. physik. Chemie*, 105, 1923, p. 27; 114, 1925, p. 485.

([2]) J. Lifschitz, *loc. cit.*

([3]) Olmstead, *Physical Review*, 35, 1912, p. 31.

([4]) E. Darmois, *Journal de Physique*, 6, 1925, p. 239.

Abandonnées à elles-mêmes, ces solutions finissent par prendre une couleur violet foncé et le maximum d'absorption est alors situé vers $560^{m\mu}$. Ce changement de coloration manifeste une modification du corps en solution. En effet, lorsque les solutions précédentes ont cessé d'évoluer, elles ne donnent plus aucun précipité d'hydroxyde par l'ammoniaque et l'ion coloré se déplace vers l'anode dans un champ électrique. Une élévation de température accélère beaucoup l'évolution du phénomène. La transformation constatée consiste donc en une réaction chimique dont l'accélération thermique est notable et qui donne naissance à un composé dans lequel le chrome, dissimulé, fait partie d'un anion complexe. Dans cet anion, la liaison du chrome avec le radical acide se fait certainement par valence homopolaire, et non plus par valence hétéropolaire comme dans le sel normal.

La transformation des solutions est assez lente à la température ordinaire pour qu'on puisse en suivre la marche : à mesure que le chrome se dissimule, la dispersion rotatoire devient fortement anomale, comme le montre le tableau suivant :

Solution contenant 0,0111 *molécule-gramme d'acide tartrique et* 0,0027 *atome-gramme de chrome dans* 150^{cm^3} ($l = 2^{cm}$, $t = 18^{\circ}$ C.).

Temps...............	0.	1 jour.	3 jours.	6 jours.	3 mois.
α_{6563}	+0°,05	+0°,03	−0°,01	−0°,05	−0°,09
α_{5780}	+0,06	+0,01	−0,05	−0,11	−0,22
α_{5461}	+0,065	+0,11	+0,12	+0,13	+0,20
α_{4861}	+0,07	+0,13	+0,25	+0,43	+0,56
α_{4358}	+0,08	+0,14	+0,21	+0,35	+0,42

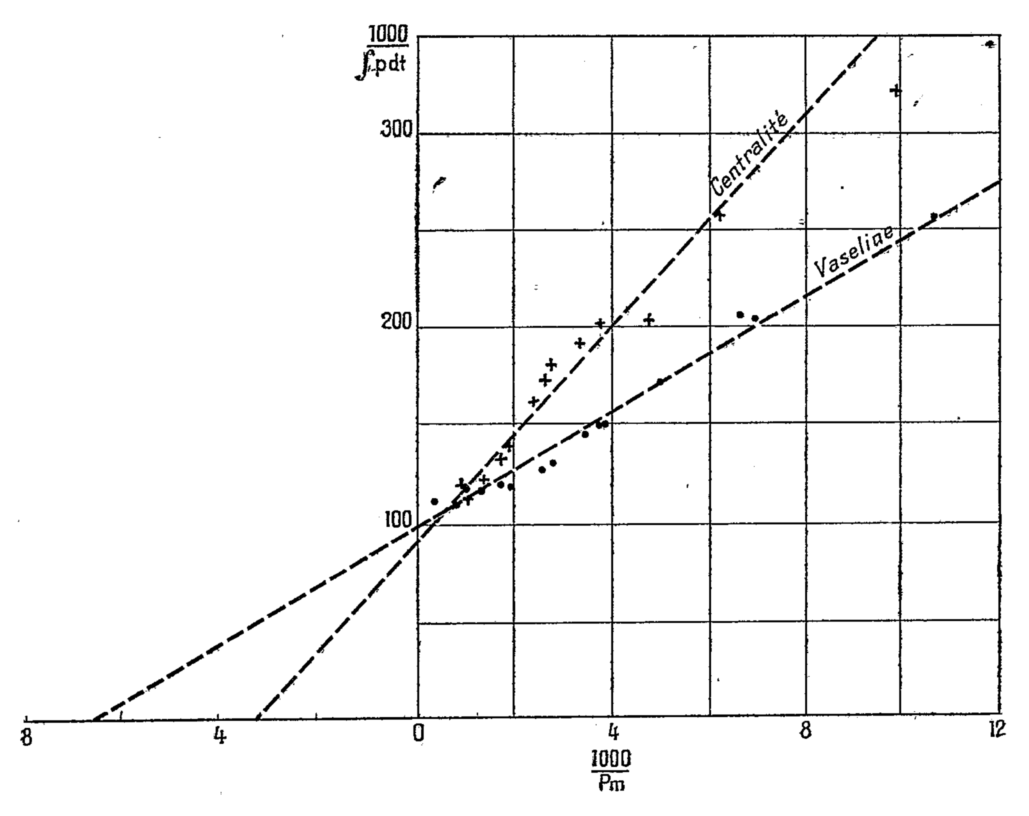
En même temps apparaît le dichroïsme circulaire caractéristique de l'effet Cotton, et sa valeur croît au cours du temps jusqu'à une limite.

Les faits précédents rendent très vraisemblable l'hypothèse que le dichroïsme circulaire est proportionnel à la concentration du complexe formé dans la réaction. On peut alors déduire des mesures de dichroïsme faites en fonction du temps et à température constante l'ordre de la réaction qui se produit dans la solution et la formule brute du complexe. Le résultat est en accord avec celui que l'on obtient par d'autres méthodes.

Ce cas particulier offre l'exemple d'un même chromophore uni à un même groupe absorbant par liaison de valence ionisable ou non, et la preuve que l'effet Cotton n'existe que dans le second cas.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Variation de $\int p\,dt$ avec la densité de chargement pour une poudre* B *à la vaseline et une poudre* B *à la centralite.* Note [1] de MM. **Henri Muraour** et **G. Aunis**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une série d'expériences exécutées à différentes densités de chargement avec des poudres à la nitroglycérine additionnée ou non de vaseline, nous avons précédemment montré que si la diminution de $\int p\,dt$ aux basses



densités de chargement existe pour ces deux types de poudre, cette réduction est beaucoup moins accentuée pour les poudres à la vaseline que pour les poudres à la centralite [2]. Il était intéressant de rechercher si le même phénomène pouvait être observé avec des poudres B.

---

(1) Séance du 16 novembre 1931.

(2) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 418.

Nous avons opéré sur deux échantillons de poudre B ayant comme composition :

	Épaisseur mesurée.
B 99, Pâte à 40 pour 100 de soluble, 6 pour 100 de vaseline........	$1^{mm},04$
B 100, Pâte à 40 pour 100 de soluble, 6 pour 100 de centralite (¹)...	$1^{mm},03$

Taux d'azote nitrique déterminé par la méthode à l'acétone (²) :

			Moyenne pour 100.
Poudre B 99....................	11,61	11,56	11,58
Poudre B 100....................	11,59	11,57	11,58

Les deux poudres ont été tirées avec leur humidité normale. A partir des résultats obtenus on a tracé le graphique : $\int p\,dt$-durée totale de combustion; et le graphique : inverse de $\int p\,dt$-inverse de la pression maximum. Ce dernier graphique est reproduit ci-contre.

De l'examen des graphiques on déduit pour ces deux poudres les caractéristiques suivantes :

Graphique $\frac{1000}{\mathrm{PM}}\ \frac{1000}{\int p\,dt}$:

	B99.	B100.
Valeur de l'inverse de $\int p\,dt$ sous une pression infinie............	98	90
Valeur de la pression max. sous laquelle le $\int p\,dt$ tombe à la moitié de la valeur calculée pour la pression infinie..................	151	301

Graphique temps $\int p\,dt$:

	B99.	B100.
Valeur de $\int p\,dt$ pour une durée de combustion nulle (S_0)........	10,3	11,6
Valeur de $\frac{1000}{S_0}$..	97	86,2
Pente de la droite (effet supplémentaire)....	83	197
Valeur de $\frac{S_0}{\pi\ \mathrm{ep.}}$..	119	57

La chute de $\int p\,dt$ *aux basses densités de chargement est beaucoup plus*

(¹) Diéthyldiphénylurée symétrique.

(²) *Bulletin Société chimique*, 4e série, 45, 1929, p. 1189.

faible pour la poudre à la vaseline que pour la poudre à la centralite. Le phénomène qui avait été observé avec les poudres à la nitroglycérine a donc été retrouvé avec les poudres à la nitrocellulose.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la méthode expérimentale propre à établir l'indépendance de la teneur en hydrogène et de la dureté du fer électrolytique.* Note de MM. **Guichard**, **Clausmann**, **Billon** et **Lanthony**, présentée par M. G. Urbain.

Des expériences prolongées et répétées ([1]) ont définitivement établi que tous les échantillons de fer électrolytique préparés au laboratoire peuvent être débarrassés de l'hydrogène qu'ils contiennent par un chauffage suffisamment prolongé à une température pour laquelle la dureté ne subit aucun adoucissement.

D'où la conclusion que la dureté et la teneur en hydrogène de ces métaux sont indépendantes l'une de l'autre.

Nos expériences n'ont pas encore porté sur le fer électrolytique industriel, dont nous n'avons pas d'échantillons bruts d'électrolyse n'ayant subi aucun traitement ultérieur.

MM. Guillet, Roux et Cournot étudient précisément le fer électrolytique industriel, dans une Note récente ([2]). Leurs résultats pourraient faire croire que le fer électrolytique industriel ne se comporte pas comme le fer électrolytique de laboratoire, ce qui serait singulier. Ces auteurs chauffent du fer dans le vide 24 heures à 350° et en extraient environ le quart de l'hydrogène contenu, sans observer de variation de dureté; puis, chauffant le fer 3 heures à 600° et 3 heures à 800°, ils extraient de nouvelles quantités d'hydrogène, en même temps que la dureté diminue ([3]).

En faisant cette rapide expérience de 30 heures, ils déclarent avoir adopté notre processus opératoire. Cependant ce processus a été défini ainsi ([1]) : « prolonger les recuits à chaque température assez longtemps, en général 24 heures, pour que la plus grande partie de l'effet possible soit

---

([1]) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 623 et 1096.

([2]) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 685.

([3]) Remarquons incidemment que, d'après les auteurs, dans le fer électrolytique industriel, le gaz hydrogène n'est qu'en petite quantité à côté d'autres gaz parasites abondants. Le fer électrolytique de laboratoire dégage des gaz plus riches en hydrogène.

obtenu ». En fait, dans l'expérience que nous avons décrite, nous avons réussi à obtenir en 24 heures à 165°, suivies de 24 heures à 240°, une élimination si complète de l'hydrogène du fer électrolytique qu'ensuite en chauffant ce métal progressivement durant 168 heures, jusqu'à 1000°, nous n'avons plus recueilli aucune trace d'hydrogène.

Il n'est aucunement surprenant qu'une seule chauffe de 24 heures à 350° n'ait pu chasser tout l'hydrogène du fer industriel : la durée nécessaire pour atteindre ce résultat ne peut être fixée à l'avance; elle varie évidemment avec les échantillons et avec la perfection du vide maintenu en permanence sur le métal durant l'extraction.

Il est clair que si les auteurs avaient continué à chauffer leur fer dans le vide à 350°, ils auraient extrait de nouvelles quantités d'hydrogène; il est pour nous inexplicable qu'ils ne l'aient pas tenté. Telle qu'elle est, leur expérience démontre que l'on peut laisser de l'hydrogène dans le fer si on ne le chauffe que durant 24 heures à 350°; elle ne démontre nullement qu'il soit impossible de déshydrogéner totalement le métal en prolongeant l'expérience à cette même température. Rien n'empêche donc de penser que, même pour le fer électrolytique industriel, la déshydrogénation totale soit réalisable à une température pour laquelle la dureté ne s'abaisse pas, et nous continuons à conclure que la présence d'hydrogène n'est pas la cause de la dureté du fer électrolytique.

D'ailleurs la structure si particulière de ce métal électrolytique est bien suffisante pour expliquer sa dureté sans qu'il soit nécessaire d'y supposer la présence d'hydrure que certains disent avoir vu sans démontrer qu'il s'agit réellement de cristaux d'hydrure.

Enfin, ayant placé la question de la dureté des métaux électrolytiques sur le terrain des faits accessibles à l'expérience, nous croyons devoir laisser de côté des considérations théoriques qui s'éloignent de ces faits.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la vitesse de cristallisation des différentes formes du tartrate diméthylique.* Note [1] de M. **G. Rumeau**, présentée par M. Ch. Fabry.

Au cours de recherches sur les vitesses de cristallisation comparées de deux antipodes optiques, nous avons l'occasion de constater une différence

(1) Séance du 23 novembre 1931.

considérable entre les vitesses de cristallisation du tartrate de méthyle droit et du tartrate de méthyle gauche. Cette différence nous ayant étonné, nous l'avons attribuée d'abord à une impureté du tartrate gauche; des purifications ultérieures par distillation et cristallisation n'ont pas permis de réduire cette différence. En amorçant la cristallisation du *d*-tartrate avec du *l*-tartrate, nous avons pu obtenir la même vitesse et montrer que, pour le tartrate obtenu d'ordinaire et qui fond vers 48°, il existe deux formes cristallines : α_1 fondant un peu au-dessous de 48°, et α_2 fondant un peu au-dessus de 50°. Ces deux formes existent pour les deux inverses optiques et nous avions obtenu fortuitement l'une pour le *d*-tartrate, l'autre pour le *l*-tartrate.

En prenant des précautions particulières, nous avons pu faire des mesures de vitesse de cristallisation en tube étroit pour les deux formes; ces mesures sont reproductibles à 2 ou 3 pour 100 près. A 27° par exemple, les vitesses, en millimètres par minute, sont 0,66 pour α_1 et 3,20 pour α_2; les variations de la vitesse ont été suivies en fonction de la température de 10° à 45°; la vitesse passe par un maximum vers 25°.

La forme α_1 est très instable; lorsqu'on ensemence le liquide surfondu avec cette forme, la colonne cristalline progresse d'abord avec la vitesse propre de α_1; mais il arrive très souvent, surtout au-dessous de 35°, qu'une formation subite de germes α_2 se produise et la colonne progresse ensuite avec la vitesse de α_2. On peut laisser longtemps, sans modifications mutuelles, les deux formes solides α_1 et α_2 juxtaposées dans le même tube, même au voisinage du point de fusion de α_1.

Dans la littérature, on signalait jusqu'à ce jour l'existence de deux formes solides du tartrate diméthylique : une forme α fondant à 48° et une forme β signalée par Patterson et fondant à 61°. Malgré de nombreux essais, nous n'avions pas pu obtenir cette forme β. M. le professeur Patterson ayant eu l'obligeance de nous en envoyer quelques germes, nous avons pu ensemencer le liquide surfondu; il cristallise alors entièrement sous la forme β. A 27°, la vitesse de cristallisation de la forme β est 0,275, inférieure à celles des formes α_1 et α_2; la forme β paraît très stable.

Nous avons cherché si les deux formes α_1 et α_2, à vitesses de cristallisation si différentes, pouvaient être deux modifications moléculairement distinctes, en mesurant le pouvoir rotatoire de solutions dans l'alcool méthylique. Nous n'avons pas constaté de différence entre les deux pouvoirs rotatoires, ni de mutarotation permettant de conclure du passage d'une forme à l'autre en solution. Des résultats analogues ont été obtenus par

Weissberger et Sängewald (¹) en comparant les activités optiques de solutions benzéniques de la forme β et du mélange $\alpha_1 - \alpha_2$. Jusqu'ici il est vraisemblable qu'il s'agit de modifications polymorphiques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Effet Raman et chimie : le noyau cyclopropanique.* Note (²) de MM. **R. Lespieau, M. Bourguel, R. Wakemann**, présentée par M. Matignon.

Nous avons étudié le spectre du cyclopropane ainsi que ceux de six carbures cyclopropaniques : le méthylcyclopropane, le diméthyl-1-2.cyclopropane, le méthyl-1-éthyl-2-cyclopropane, le méthyl-1-propyl-2-cyclopropane, le phénylcyclopropane et le diphényl-1-2.cyclopropane.

Le cyclopropane a été étudié à l'état liquide à 18° en tube scellé. Son spectre relativement simple comprend :

a. Dans la région des liaisons C — C : 1° une raie très forte et très fine de fréquence 1188 + ou — 1,5; 2° une bande de force moyenne dont le milieu est à 867 (largeur 10 unités Raman environ); 3° une bande faible et large à 1439 (largeur 20 unités environ).

b. Dans la région des liaisons C — H : 1° deux raies fortes et fines rapprochées, à 3011 et 3028; 2° une bande faible et large dont le milieu est situé à 3076.

Les fréquences caractéristiques du cyclopropane avaient été calculées à priori il y a quelques mois par M. Yates (³) d'après les vibrations de trois masses identiques placées aux sommets d'un triangle; il avait prévu que ces fréquences seraient 400 et 1350. On voit que les nombres expérimentaux ne coïncident nullement avec ceux du calcul.

Par contre M. Bhagavantam (⁴), puis M. Kohlrausch (⁵) d'après les calculs de Radakovic, ont prévu que les deux fréquences d'un cycle en C^3 régulier seraient entre elles dans le rapport $\sqrt{2}$. Or les fréquences 867 et 1188 sont justement dans un rapport très voisin : 1,37.

Les spectres des autres carbures cyclopropaniques sont évidemment plus

(¹) *Zeits. f. phys. Chem.*, (B), 13, 1931, p. 384.
(²) Séance du 23 novembre 1931.
(³) Yates, *Physical Review*, 37, 1931, p. 666.
(⁴) Bhagavantam, *Indian J. of Phys.*, 5, 1930, p. 78.
(⁵) Kohlrausch, *Der Smekal-Raman-Effekt*, p. 171.

compliqués. Nous avons cherché à suivre les raies du cyclopropane, mais le détail de cette étude ne peut être exposé dans cette Note. Nous nous bornerons aux résultats, intéressants pour le chimiste, qui permettent de reconnaître immédiatement un composé cyclopropanique.

1° On retrouve toujours une raie rappelant la raie 1188, très légèrement déplacée, mais toujours forte dans une région de raies plus faibles, ce qui permet de bien l'identifier. Elle se trouve à 1208 dans le méthylcyc., à 1214 dans le diméthylcyc., elle devient un doublet dans le méthyléthylcyc. à 1209 et 1221, ainsi que dans le méthylpropylcyc. à 1207 et 1221; elle redevient simple à 1221 dans le phénylcyc. et à 1227 dans le diphénylcyc.

Nous considérons que cette raie caractérise les liaisons C — C du noyau en C^3.

Elle obéit à la loi déjà énoncée ([1]) au sujet du déplacement des raies acétyléniques et éthyléniques sous l'effet des substitutions : *la fréquence augmente quand on remplace l'hydrogène par un ou plusieurs radicaux alcooliques ou phénoliques.* Cette loi semble donc générale pour les raies caractéristiques des carbures. Elle trouve encore un appui dans le fait que les noyaux en C^3 qui portent deux substitutions de masse inégales (méthyléthyl et méthylpropyl) présentent non pas une seule raie mais un doublet. Le poids de la substitution intervient donc dans la grandeur du déplacement de la raie.

2° La raie 1349 se retrouve aussi car, bien qu'elle ne puisse être mise en évidence dans les carbures à chaînes aliphatiques étudiés puisqu'il s'y superpose la bande forte caractéristique des CH^2 ou CH^3, on la retrouve dans les deux carbures aromatiques.

3° Dans la région des liaisons C — H, le doublet 3011-3028 devient 2999-3016 dans le méthylcyc., 2999-3015 dans le diméthylcyc., puis la raie 3015, déjà faible dans le dernier composé, disparaît dans les suivants, il ne reste qu'une raie forte à 2999-3000 dans les méthyléthyl, méthylpropyl, diphényl; à 3006 dans le phényl. La bande 3076 reste aussi à 3074, 3064, 3066, 3062, 3061; seule sa force change, de faible elle devient très forte à partir du méthyléthylcyc.

En résumé le *noyau d'un composé cyclopropanique est donc pratiquement caractérisé: 1° par une raie forte très voisine de* 1200 *correspondant aux liai-*

([1]) BOURGUEL et DAURE, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1298. BOURGUEL, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 934.

sons C — C *du noyau* 2° *par deux raies fortes à* 3000 *et à* 3065 *correspondant aux liaisons* C — H.

Le spectre du noyau est donc totalement différent de celui des chaînes aliphatiques ouvertes saturées, que l'on reconnaît immédiatement à la présence, dans la région des liaisons C — H, de nombreuses raies entre 2850 et 3000. Il se rapproche, au contraire, de celui des composés éthyléniques qui, eux aussi, ont dans cette région une raie vers 3000 et une autre vers 3080.

Il fautconstater que l'effet Raman, rapprochant éthyléniques et cyclopropaniques, conduit aux mêmes conclusions que la chimie puisque, bien que nos formules n'en laissent rien prévoir, nombreux sont les réactifs qui ne permettent pas facilement de distinguer entre ces deux classes de composés. Toutefois par voie spectroscopique il ne peut pas y avoir de confusion, car les cyclopropaniques n'ont pas la raie forte de la région 1600 caractérisant la double liaison.

PHYSICOCHIMIE. — *Sur l'absorption des solutions aqueuses de quelques chlorures dans l'ultraviolet.* Note de M. **R. Tréhin**, présentée par M. Ch. Fabry.

Le dispositif expérimental et les procédés de photométrie photographique ont été décrits précédemment à propos de l'étude de l'absorption des solutions aqueuses d'acide chlorhydrique [1].

Les recherches qui font l'objet de cette Note concernent les chlorures de sodium, potassium, lithium, baryum et strontium.

Les spectres d'absorption de divers échantillons commerciaux de chacun de ces sels sont, en général, différents, par suite de la présence d'impuretés. J'ai adopté pour NaCl, KCl, $BaCl^2$ et $SrCl^2$ les méthodes de purification suivantes :

Un échantillon de chlorure au maximum de pureté est choisi par comparaison des spectres d'absorption de solutions aqueuses saturées. Le sel est alors précipité par barbotage de gaz chlorhydrique, ou addition d'acide chlorhydrique, ou d'alcool purs. Les cristaux sont essorés et séchés dans le vide, pulvérisés dans un mortier de Pyrex, lavés avec un peu d'eau pure, de

---

[1] R. Tréhin, *Sur l'absorption des solutions aqueuses d'acide chlorhydrique dans l'ultraviolet* (*Comptes rendus*, 191, 1930, p. 774).

nouveau essorés et séchés dans le vide, puis chauffés dans une capsule de platine à la température juste suffisante (¹) pour chasser l'acide ou l'alcool retenus par adsorption.

Enfin le sel est dissous dans l'eau pure.

Les opérations précédentes sont répétées jusqu'à ce que la transparence de la solution obteuue soit maxima.

Dans le cas de LiCl j'ai procédé ainsi :

Première méthode. — Le sulfate de lithium est précipité par l'alcool de sa solution aqueuse saturée et traité selon la technique précédente. La solution pure obtenue est mélangée, à l'ébullition, avec une solution de chlorure de baryum pur; le sulfate de baryum précipité est séparé par filtration du chlorure de lithium qui est ensuite concentré.

Deuxième méthode. — Le carbonate de lithium est dissous dans l'eau pure chargée de gaz carbonique et le liquide filtré porté à l'ébullition : le carbonate de lithium, cristallisé, précipite; il est essoré et séché dans le vide, pulvérisé, lavé plusieurs fois avec de l'eau pure, essoré; puis, traité par l'acide chlorhydrique pur. Enfin la solution de chlorure de lithium obtenue est concentrée.

Toutes les manipulations doivent être effectuées dans des appareils en Pyrex et les solutions conservées dans des flacons de même verre bouchés à l'émeri.

Ces méthodes conduisent à des résultats parfaitement concordants et reproductibles.

Résultats. — La région explorée s'étend entre 2816 et 1990 Å :

1° A la même température, sous une épaisseur déterminée et concentration en ions Cl^- égale, les spectres d'absorption dans l'ultraviolet des solutions aqueuses des chlorures étudiés sont identiques. Les procédés de purification de ces sels et les méthodes de travail utilisées font disparaître les écarts signalés jusqu'ici (²).

2° L'absorption augmente d'une manière parfaitement continue quand la longueur d'onde décroît.

3° Les solutions de chlorure de lithium peuvent être assez concentrées

(¹) F. C. Guthrie et J. T. Nance, *Decomposition of alkali chlorides at high temperatures* (*Transactions of the Faraday Society*, 27, 1931, p. 230).

(²) Hans Fromherz und Wilhelm Menschick, *Ueber die Lichtabsorption der Alkalihalogenide in wasserigen Lösungen* (*Zeitschrift für physikalische Chemie*, 7, 1930, p. 439).

pour montrer l'existence d'un maximum d'absorption, dans des conditions analogues à celles déjà signalées à propos des solutions aqueuses d'acide chlorhydrique (¹).

4° A une température donnée la variation du coefficient d'absorption moléculaire en fonction de la concentration en ions Cl^- est la même pour l'acide chlorhydrique et les chlorures dans le cas des solutions très étendues, mais devient différente lorsque la concentration croît.

5° Si l'on fait des mélanges d'acide chlorhydrique et de divers chlorures en maintenant constante la concentration en ions Cl^-, on observe des spectres d'absorption intermédiaires entre ceux de l'acide chlorhydrique et des chlorures purs.

Conclusions. — Ces résultats montrent que l'absorption des solutions *très étendues* d'acide chlorhydrique et de chlorures est due uniquement à la présence des ions Cl^- (plus ou moins hydratés).

En solution plus concentrée, l'absorption tend à augmenter avec le nombre d'ions Cl^-, mais, le cation (plus ou moins hydraté) forme sans doute avec les ions Cl^- certaines associations temporaires dont le nombre est à chaque instant, dans un volume donné, fonction de la concentration en ions Cl^- et de la température.

Ces associations modifient l'absorption suivant une loi identique dans le cas de Na^+, K^+, Li^+, Ba^{++}, Sr^{++}, mais différente dans le cas de H^+.

La modification peut même devenir prépondérante dans des conditions expérimentales convenables.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Résultats d'essais activés de corrosion sur aciers inoxydables.* Note de M. **Jean Cournot**, présentée par M. Léon Guillet.

J'ai été appelé, au cours de ces deux dernières années, à diriger l'exécution d'un grand nombre d'essais de corrosion sur aciers inoxydables, conformément aux prescriptions unifiées par les Services Techniques de l'Aéronautique française; les résultats obtenus permettent de dégager des renseignements généraux sur la valeur et la mise en pratique de ces méthodes activées d'essais à la corrosion.

Les alliages essayés étaient au nombre de onze; sept aciers du type 18 pour 100 de

(¹) Un maximum d'absorption a également été indiqué pour les solutions aqueuses, concentrées d'acide nitrique, par K. Schaefer, *Z. anorg. Ch.*, 97, 1916, p. 285.

chrome et 8 pour 100 de nickel, un acier à 10 pour 100 de chrome et 23 pour 100 de nickel, deux aciers à 13 pour 100 de chrome sans nickel, et, à titre de base de comparaison, un fer pur. Les essais dont il est ici question, ayant seulement pour but l'étude des méthodes d'essais, ces produits ont été expérimentés à l'état de livraison, avec deux éprouvettes pour chaque type d'essai afin d'avoir une moyenne.

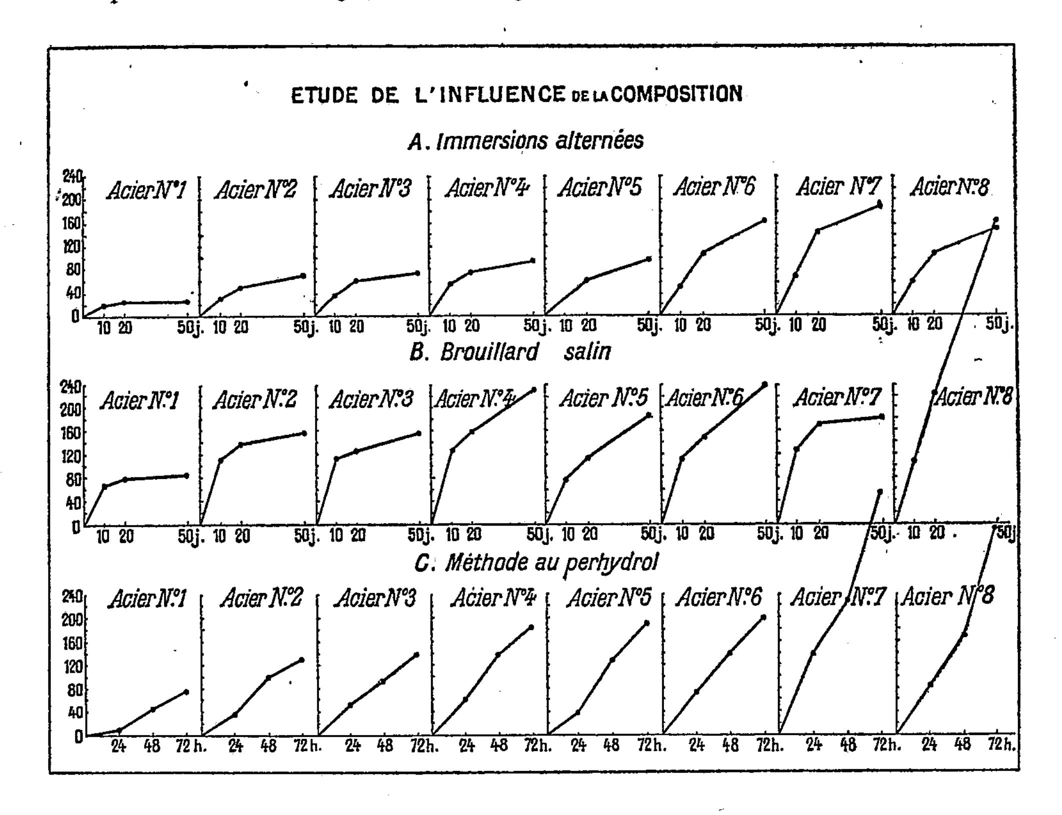
Les méthodes utilisées ont été :

la méthode par immersions et émersions alternées, et la méthode au brouillard, avec des temps d'attaque de 10, 20 et 50 jours ;

la méthode au perhydrol, avec des temps d'attaque de 1, 2 et 3 jours ;

le liquide d'attaque étant l'eau de mer artificielle dont la préparation et l'emploi ont également été déterminés par l'Aéronautique.

Les caractéristiques mesurées ont été : les pertes de poids, les efforts et les flèches de rupture à l'emboutissage ; enfin, les aspects ont été soigneusement notés.



La figure ci-dessus présente seulement les résultats obtenus sur huit des aciers inoxydables concernant la perte de poids.

Les conclusions générales peuvent être résumées comme suit :

Les deux modes d'attaque, très différents, présentés par ces produits métallurgiques, corrosion généralisée d'une part, corrosion locale par

piqûres profondes d'autre part, sont très nettement et séparément mis en vue, le premier par la perte de poids, le second par les caractéristiques mécaniques; c'est ainsi que le fer pur qui présente la corrosion la plus homogène et donne naturellement la plus grande perte de poids, perd moins vite ses caractéristiques mécaniques que la plupart des aciers inoxydables s'attaquant par piqûres profondes.

Cette considération de différence d'attaque étant nettement établie, les trois méthodes activées donnent des variations sensiblement parallèles qui consacrent la valeur de ces procédés expérimentaux; cette conclusion est particulièrement évidente avec les pertes de poids, comme le montre d'ailleurs la figure ci-contre; les résultats sont un peu moins réguliers avec l'essai d'emboutissage, fonction de la profondeur des piqûres et de leur répartition par rapport au lieu d'attaque du poinçon dans l'exécution de l'essai.

L'essai au perhydrol donne un peu moins de sensibilité, mais il présente l'avantage d'une très grande rapidité; l'essai par immersions et émersions alternées est le plus régulier et s'accommode mieux des mesures de pertes de poids; l'essai au brouillard met spécialement en évidence les variations d'ordre mécanique dues aux piqûres. Enfin, dans l'essai d'emboutissage, la détermination des efforts de rupture est nettement plus intéressante que celle des flèches.

La conclusion finale est que *l'ensemble* des résultats obtenus par ces différentes méthodes et procédés de mesure permet de se rendre compte du degré de résistance de ces aciers à la corrosion.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Élimination de l'ion phosphorique à l'état de phosphate triplombique dans l'analyse des sels par voie humide.* Note de MM. **J. Bougault** et **E. Cattelain**, présentée par M. A. Béhal.

En raison des relations atomiques très voisines du plomb (n° 82) et du bismuth (n° 83), et notamment de l'insolubilité connue du phosphate de bismuth dans l'acide azotique dilué, nous avons poursuivi des recherches qui nous ont permis de mettre au point une technique permettant l'élimination de l'ion phosphorique à l'état du phosphate de plomb, en présence du manganèse, du magnésium et des métaux alcalino-terreux, c'est-à-dire des éléments dont les phosphates sont insolubles en milieu neutre.

Principe. — L'ion phosphorique est intégralement précipité à l'état de

phosphate de plomb par addition, en liqueur acétique, d'une solution d'acétate neutre de plomb.

Mode opératoire. — La solution, débarrassée des métaux précipitables par l'hydrogène sulfuré en milieu chlorhydrique, est additionnée, goutte à goutte, d'abord d'ammoniaque jusqu'à formation d'un précipité qui ne disparaît plus par agitation, puis d'acide chlorhydrique en quantité strictement suffisante pour dissoudre le précipité. On ajoute un grand excès d'acide acétique, puis un léger excès d'une solution d'acétate neutre de plomb; le précipité, constitué par un mélange de phosphate, de chlorure, et éventuellement de bromure, d'iodure et de sulfate de plomb, est séparé par filtration. On s'assure que le filtrat ne précipite plus par addition de quelques gouttes de la solution d'acétate neutre de plomb, puis on revient à une acidité forte par addition d'acide chlorhydrique jusqu'à virage au vert du violet de méthyle. On sépare par filtration le précipité de chlorure de plomb qui s'est formé, on porte le filtrat à l'ébullition et l'on fait passer dans la liqueur chaude un courant d'hydrogène sulfuré. Lorsque la précipitation semble complète, on dilue la solution par addition d'eau distillée chaude et l'on fait passer à nouveau jusqu'à saturation le courant d'hydrogène sulfuré. On sépare le précipité de sulfure de plomb par filtration et l'on porte le filtrat à l'ébullition que l'on maintient jusqu'à disparition de toute trace d'hydrogène sulfuré. On ajoute alors à la solution quelques gouttes d'acide azotique, on porte à l'ébullition pendant quelques minutes pour peroxyder le fer, puis on additionne la liqueur chaude d'un grand excès d'ammoniaque (on se trouve en même temps en présence d'un grand excès de chlorure d'ammonium puisque la solution a dû être additionnée antérieurement de beaucoup d'acide chlorhydrique) : le fer, le chrome et l'aluminium précipitent intégralement à l'état d'hydroxydes. On recueille ces derniers par filtration et l'on effectue la séparation des autres cations suivant la technique habituelle, c'est-à-dire celle du zinc, du manganèse, du nickel et du cobalt par addition de sulfure d'ammonium, puis, dans le filtrat séparé des sulfures, celle des métaux alcalino-terreux par addition de carbonate d'ammonium. La séparation du magnésium et des métaux alcalins ne subit de même aucune modification.

Avantages de la méthode. — Les deux méthodes actuellement utilisées dans les laboratoires d'analyse pour éliminer l'ion phosphorique en présence du manganèse, du magnésium et des métaux alcalino-terreux présentent des inconvénients non négligeables :

1° *Méthode à l'acétate ferrique.* — *a.* Difficulté d'introduire des quantités

convenables de chlorure ferrique et d'acétate d'ammonium pour obtenir, après ébullition et filtration, un liquide incolore; *b.* formation d'un précipité volumineux qui oblige à diluer fortement la solution saline; *c.* redissolution fréquente, pendant la filtration, par carbonatation, de petites quantités de fer.

2° *Méthode à l'étain.* — *a.* Nécessité d'opérer en milieu rigoureusement azotique et en l'absence d'acide chlorhydrique afin d'éviter la dissolution du complexe phosphostannique et, par suite, obligation de transformer les chlorures en azotates; *b.* impuretés introduites fréquemment par l'étain (plomb, cuivre); *c.* nécessité d'un repos prolongé (environ 12 heures) avant de pouvoir effectuer la filtration; *d.* adsorption par le précipité d'une grande quantité de cations appartenant aux autres groupes.

La méthode à l'acétate de plomb, simple, rapide et précise, ne présente aucun de ces inconvénients.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les phtalone-imides et leurs dérivés* Note de MM. **André Meyer** et **Robert Vittenet**, présentée par M. A. Desgrez.

Nous avons obtenu les *phtalone-imides* par hydrolyse des *azométhines*, dont nous avons fait connaître récemment la préparation et les propriétés (*Comptes rendus*, 193, 1931, p. 531) :

$$C_6H_4\left\langle\begin{matrix}C{=}N-R' \\ CO \\ N-R \\ CO\end{matrix}\right. + H^2O \rightarrow C_6H_4\left\langle\begin{matrix}CO \\ CO \\ N-R \\ CO\end{matrix}\right. + R'-NH^2.$$

L'azométhine étant en suspension dans l'acide chlorhydrique au 1/2, on chauffe au bain-marie jusqu'à complète décoloration. La phtalone-imide formée reste insoluble en majeure partie, et l'on extrait le reste à l'éther. On la purifie par recristallisation. En partant des azométhines dérivant de la nitrosoantipyrine, on obtient de meilleurs rendements.

Phtalone-imide :

$$C^9H^5O^3N \quad \text{ou} \quad C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CO-CO \\ | \\ CO-NH\end{matrix}\right.$$

Ce composé a été isolé par Gabriel et Colman, dans l'oxydation nitrique

du *carbindigo* (*D. chem. Ges.*, 33, 1900, p. 996; 35, 1902, p. 2422). Après plusieurs cristallisations dans l'alcool elle se présente en aiguilles jaune clair, F. 228-229° (Gabriel et Colman indiquent 220 et 224°).

Phtalone-phénylimide :

$$C^{15}H^{9}O^{3}N \quad \text{ou} \quad C^{6}H^{4}\left\langle\begin{array}{l} CO - CO \\ | \\ CO - N - C^{6}H^{5} \end{array}\right.$$

moins soluble dans l'eau que la précédente. Aiguilles jaunes, F. à 220-221°. Elle a été mentionnée par Cornillot (*Thèse*, Paris, 1927, p. 150, et *Ann. de Chimie*, 10ᵉ série, 8, p. 171).

Phtalone-p-tolylimide :

$$C^{16}H^{11}O^{3}N \quad \text{ou} \quad C^{6}H^{4}\left\langle\begin{array}{l} CO - CO \\ | \\ CO - N - C^{6}H^{4} - CH^{3} \end{array}\right.$$

Fins cristaux jaune très clair, F. 238°.

Phtalone-α-naphtylimide :

$$C^{19}H^{11}O^{3}N \quad \text{ou} \quad C^{6}H^{4}\left\langle\begin{array}{l} CO - CO \\ | \\ CO - N - C^{10}H^{7}\ (\alpha) \end{array}\right.$$

Fines aiguilles jaune d'or feutrées, F. 239-240°.

Phtalone-β-naphtylimide :

$$C^{19}H^{11}O^{3}N \quad \text{ou} \quad C^{6}H^{4}\left\langle\begin{array}{l} CO - CO \\ | \\ CO - N - C^{10}H^{7}\ (\beta) \end{array}\right.$$

cristallise de l'acide acétique en petits cristaux jaunes, moins solubles que les composés précédents dans les solvants organiques, F. 268-269°.

Ces phtalone-imides sont solubles dans les alcalis, dans l'acétone et le chloroforme, peu solubles dans le benzène, solubles à chaud dans l'alcool et l'acide acétique. Elles donnent des colorations intenses, bleues ou rouge-violettes, avec la benzine chargée de thiophène, en présence d'acide sulfurique concentrée. Elles se comportent ainsi comme les isatines.

Nous avons préparé des dérivés caractéristiques de ces cétones, par l'action de la *phénylhydrazine*, de la *méthylphénylhydrazine*, de l'*hydroxylamine* et de la *semi-carbazide*.

Action de la phénylhydrazine. — La phénylhydrazine, en milieu acétique, donne avec les cétones décrites ci-dessus des *phénylhydrazones*, peu solubles à froid dans l'alcool et dans l'acide acétique, facilement solubles dans l'acétone et le chloroforme. Ces phénylhydrazones sont *identiques aux azoïques*, obtenus avec les homophtalimides correspondantes, par copulation avec le chlorure de phényldiazonium.

Elles sont *insolubles dans les alcalis*, à l'exception de la phénylhydrazone de la phtalone-imide (*benzène-azo-homophtalimide*). Cette particularité démontre que la *solubilité dans les alcalis* des azoïques de l'homophtalimide est due à l'*atome d'hydrogène fixé à l'azote* du *noyau hétérocyclique*. Il en résulte que la constitution hydrazonique doit être adoptée pour ces colorants de préférence à la constitution azoïque.

Phtalone-imide-phénylhydrazone, $C^{15}H^{11}O^2N^3$, fines aiguilles orangées feutrées, F. 269-262°.

Phtalone-N-*phénylimide-phénylhydrazone*, $C^{21}H^{15}O^2N^3$, fines aiguilles jaune vif, F. 246-247°, soluble en rouge grenat dans SO^4H^2 concentré.

Phtalone-N-*p-tolylimide-phénylhydrazone*, $C^{22}H^{17}O^2N^3$, fins cristaux jaune orangé, F. 258-259°, solubles en rouge dans SO^4H^2.

Phtalone-N-*α-naphtylimide-phénylhydrazone*, $C^{25}H^{17}O^2N^3$, fines aiguilles jaune orangé, F. 283-284°, solubles en rouge foncé dans SO^4H^2.

Phtalone-N-*β-naphtylimide-phénylhydrazone*, $C^{25}H^{17}O^2N^3$, fines aiguilles jaune orangé, F. 262-263°, solubles en rouge foncé dans SO^4H^2.

Action de la méthylphénylhydrazine asymétrique. — Les phtalones-imides donnent en milieu acétique, en présence d'acétate de sodium, des *méthylphénylhydrazones*, fortement colorées en *rouge*, mais plus sensibles à la chaleur que les phénylhydrazones. Elles sont insolubles dans les alcalis, à l'exception de celle dérivant de la *phtalone-imide*, ce qui confirme l'hypothèse d'une constitution hydrazonique à attribuer aux azoïques de l'homophtalimide.

Phtalone-imide-méthylphénylhydrazone, $C^{16}H^{13}O^2N^3$, cristaux rouges, F. 242°,5, solubles en orangé dans les alcalis, peu solubles dans l'alcool, facilement solubles dans l'acide acétique.

Phtalone-N-*phénylimide-méthylphénylhydrazone*, $C^{22}H^{17}O^2N^3$, fines aiguilles rouges, F. 204°, insolubles dans les alcalis.

Phtalone-N-*p-tolylimide-méthylphénylhydrazone*, $C^{23}H^{19}O^2N^3$, fins cristaux rouges, F. 199°.

Phtalone-N-*α-naphtylimide-méthylphénylhydrazone*, $C^{26}H^{19}O^2N^3$, fines aiguilles orangé rouge, F. 212°.

Phtalone-N-*β-naphtylimide-méthylphénylhydrazone*, $C^{26}H^{19}O^2N^3$, aiguilles feutrées, orangé rouge, F. 199-200°.

Action de l'hydroxylamine. — *Phtalone-imide-oxime*, $C^9H^6O^3N^2$. Se forme avec un faible rendement; fines aiguilles blanc nacré, F. 242-243°, donnant une coloration rouge au contact des alcalis, puis une solution orangée. Identique avec l'*isonitroso-homophtalimide*, préparé par action de l'acide nitreux sur l'homophtalimide.

Phtalone-N-*phénylimide-oxime*, $C^{15}H^{10}O^3N^2$, fines lamelles blanches, feutrées, F. 224-236°, se colorant en rouge au contact des alcalis et donnant une solution *incolore*.

Phtalone-N-*p-tolylimide-oxime*, $C^{16}H^{12}O^3N^2$, aiguilles blanches, F. 241-243°; ces deux corps s'obtiennent aussi par nitrosation des homophtalimides correspondantes. Nous n'avons pu préparer les oximes des phtalones-N-naphtylimides, ni les isonitrosés correspondants.

Action de la semi-carbazide. — Il n'a été possible d'isoler que les *semicarbazones* de la *phtalone-phénylimide* et de la *phtalone-p-tolylimide*. La première, $C^{16}H^{12}O^3N^4$, forme des aiguilles blanches, F. 230-231°, la seconde, $C^{17}H^{14}O^3N^4$, des aiguilles blanches, F. 236-237°.

GÉOLOGIE. — *Sur les conditions de l'orogenèse et du métamorphisme hercynien dans la bordure méridionale du massif de Rodez*. Note de M. **André Demay**, présentée par M. de Launay.

J'ai signalé (¹) que les schistes ardoisiers et sériciteux du complexe isoclinal des Cévennes méridionales et du Rouergue passent insensiblement sur le bord méridional du massif de Rodez à des micaschistes, à des gneiss feuilletés, à des gneiss œillés et granitoïdes, et j'ai noté en outre la persistance de l'allure isoclinale et du déversement vers le Sud jusqu'à une zone gneissique redressée, où apparaissent des pendages sud. L'étude des relations de l'ensemble isoclinal des schistes sériciteux et des gneiss et granites du massif de Rodez (feuilles d'Albi et de Saint-Affrique) permet de formuler des conclusions qui intéressent non seulement la structure de la zone de passage et la signification du massif de Rodez, mais les conditions du métamorphisme et de l'orogenèse dans les parties profondes d'un géosynclinal au niveau des gneiss compacts et du granite. En effet, le massif gneissique correspond sans doute à une montée axiale, puisqu'on ne le retrouve pas vers l'Est au delà du Larzac et qu'il semble enveloppé de tous côtés par des schistes sériciteux ou par des micaschistes. Comme les schistes présentent à l'Est du massif, en direction axiale, leur structure isoclinale habituelle avec déversement vers le Sud, il nous révèle ce qui doit exister d'une manière assez générale en profondeur dans tout le domaine isoclinal.

Si l'on essaye de définir d'abord les conditions du métamorphisme dans

(¹) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 944.

cette zone, on constate que les gneiss du bord sud du massif de Rodez, liés par passage insensible, comme il a été dit plus haut, aux micaschistes, aux schistes sériciteux et aux schistes non métamorphiques, passent eux-mêmes au granite qui présente deux faciès différents et a joué dans l'orogenèse un rôle tout différent de celui des granites post-tectoniques des Cévennes méridionales. Les gneiss œillés à gros feldspaths de cette série, malgré leur passage insensible au granite porphyroïde, ne sont pas des orthogneiss dynamiques produits par le laminage du granite (1). Ils ont pris naissance directement à l'état gneissique, en même temps que lui, probablement par action des fumerolles du métamorphisme régional sur une matière trop visqueuse pour que son orientation initiale ait disparu ou pour transmettre les pressions dans tous les sens. Avant les mouvements orogéniques essentiels, la succession des divers termes cristallins et cristallophylliens semble avoir été la suivante : dans les parties profondes, granite à grain moyen analogue au granite normal des Cévennes septentrionales, riche en biotite, souvent gneissique et passant aux gneiss, mais contenant aussi des gneiss et amphibolites qui n'ont pas dépassé le stade méso-métamorphique, puis au-dessus de cet ensemble relativement magnésien, une zone alcaline de concentration des fumerolles, où se sont formés de bas en haut du granite porphyroïde et des gneiss œillés à gros feldspaths, enfin plus haut encore, après une zone intermédiaire souvent peu épaisse de gneiss œillé à petits feldspaths, de gneiss feuilletés et de micaschistes, les schistes séricíteux. On retrouve ici une succession analogue à celle des Cévennes septentrionales avec des variations, en particulier la puissance réduite de la zone intermédiaire et la prépondérance de schistes séricíteux et non plus de micaschistes largement cristallisés, qui accusent un métamorphisme régional de moindre profondeur. Ainsi se trouve confirmée l'idée que le cristallophyllien des Cévennes septentrionales a pris naissance dans les parties les plus profondes du géosynclinal hercynien. J'avais indiqué que vers le Nord dans le Lyonnais, les conditions sont déjà de moindre profondeur. Il en est de même vers le Sud dans les Cévennes méridionales et dans le Rouergue.

Au point de vue tectonique, l'examen du dessin en plan après rectification des contours et l'étude détaillée de coupes parallèles montrent clairement qu'il y a ennoyage de tous les plis vers l'Est. Ainsi s'expliquent la

(1) Cette conclusion n'exclut pas la possibilité d'une genèse différente dans d'autres cas. C'est ainsi qu'un granite ou une pegmatite laminés prennent parfois un faciès de gneiss œillé (A. Lacroix, *Minéralogie de Madagascar*, 2, p. 442).

terminaison en échardes des noyaux synclinaux de schistes sériciteux vers l'Ouest et, en sens inverse, la disparition des noyaux anticlinaux de gneiss et de granite vers l'Est. La montée axiale que la disposition du massif suggère *a priori* est donc confirmée ici de manière précise.

Une fois ce point acquis, l'ennoyage vers l'Est d'un noyau anticlinal de gneiss œillés et de granite déversé vers le Sud, qui affleure entre le Truel et la Monteillerie au nord du Tarn, apporte la preuve que les schistes sériciteux à plongée Nord qui le remplacent axialement ne constituent pas une série monoclinale, mais une série repliée isoclinalement et déversée vers le Sud et confirme de manière concrète la conclusion identique formulée pour l'ensemble des schistes sériciteux à plongée Nord.

Le phénomène de montée axiale permet de constater en outre que l'allure isoclinale disparaît dans les racines des plis. Ceux-ci s'enracinent à peu près verticalement ou même en sens inverse de l'allure des parties hautes qui se déversent ou se couchent vers le Sud. *L'opposition des couches supérieures souples et des parties inférieures rigides d'un seul cycle de métamorphisme et d'orogenèse commande donc une structure analogue à celle qui résulte de l'existence d'un matériel neuf sur un fond rigide plus ancien.*

En résumé, sur le bord sud du massif de Rodez, le métamorphisme régional, la formation du granite et l'orogenèse appartiennent à un seul cycle. Le passage du granite aux gneiss, de ceux-ci à des schistes sériciteux et ardoisiers et la continuité de l'ensemble des schistes jusqu'au paléozoïque fossilifère du versant septentrional de la Montagne Noire prouvent que tous ces phénomènes appartiennent au cycle hercynien. Les mouvements essentiels sont postérieurs à la formation des gneiss et du granite. Enfin l'affleurement du massif de Rodez résulte d'une montée axiale qui met au jour, au-dessous des plis isoclinaux déversés vers le Sud, leurs racines verticales ou déversées en sens inverse et insérées dans les parties profondes plus rigides du même cycle de métamorphisme et d'orogenèse.

GÉOLOGIE. — *Les variations de faciès et de puissance de l'Argovien dans la bordure Est du Bassin de Paris.* Note [1] de M. Georges Corroy, présentée par M. Ch. Jacob.

Les quelques coupes stratigraphiques de l'Argovien de Lorraine qu'on peut extraire des Mémoires géologiques datent de l'époque où l'on ne dis-

[1] Séance du 23 novembre 1931.

tinguait que l'Oxfordien et l'ancien Corallien. Seul M. Hoffet a étudié l'Argovien de la Meuse, montrant surtout qu'à Creue [1] la sédimentation vaseuse (calcaires blancs très fins), établie à l'Argovien, s'est poursuivie au Rauracien. Puis, dans un Synchronisme des horizons jurassiques de l'Est du Bassin de Paris, j'ai indiqué en quelques ligues [2] quel était le synchronisme des faciès du Lusitanien inférieur (= Zone à *P. transversarium* de Haug).

Des travaux de recherche d'eau à la base des calcaires lusitaniens m'ont permis de compléter les résultats des observations en surface de l'Argovien-Rauracien par les données de récents sondages, effectués au travers des mêmes sédiments à une dizaine de kilomètres de leurs affleurements.

Il est dès maintenant possible de fixer les grands traits de l'Argovien de la bordure Est du Bassin de Paris.

Quand on examine successivement du Nord au Sud le croissant dessiné en plan par les affleurements argoviens de la Meuse à l'Yonne, on est frappé de la très grande variation des faciès.

En effet, aux calcaires blancs de Verdun-Creue fait suite vers le Sud un massif d'entroques (Chaillon), qui passe insensiblement aux récifs à Polypiers branchus des bords de la Meuse (Saint-Mihiel). Aux exploitations de Lérouville et d'Euville, les entroques réapparaissent, ces deux gisements étant séparés par un important massif de Polypiers (Commercy). Sur le même méridien, vers l'Est, l'Argovien revêt le faciès « glypticien » : il est constitué par des marnocalcaires grumeleux à Échinides et Polypiers isolés (Sorcy; Pagny-sur-Meuse); vers l'Ouest, les entroques n'existent plus, et l'on passe à des calcaires blancs à grains fins, avec encore quelques Polypiers (Vadonville), puis sans coraux (Sampigny).

De Toul à Neufchâteau, les côtes oxfordiennes sont couronnées régulièrement par des calcaires marneux et des récifs.

Vers Saint-Blin, on retrouve le Glypticien surmonté encore par des Polypiers branchus (Reynel, Rochefort); mais ceux-ci ne dépassent pas Bologne (10^{km} au Nord de Chaumont).

Au Sud de la Haute-Marne, l'Argovien est entièrement constitué par des marno-calcaires compacts (Annéville) et des calcaires crayeux (Côte d'Alun). Dans le Châtillonnais, la base est marneuse avec Spongiaires, la partie supérieure est très calcaire (Calcaire hydraulique de Mont).

---

(1) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1929.

(2) *Bull. Soc. Géol. France*, 4e série, 27, 1927, p. 108.

Des sondages situés à 15-20^{km} à l'Ouest de ces affleurements, entre Neufchâteau et Bologne, viennent de montrer qu'en profondeur, sous le Séquanien-Rauracien, ces faciès n'étaient pas continus. C'est ainsi qu'à Leurville et Doulaincourt, où tout permettait de prévoir des faciès zoogènes, l'Argovien non récifal est entièrement composé de calcaires très fins rappelant le faciès vaseux de la Meuse.

Quant à la puissance des sédiments, elle est également très variable. De 60^{m} à Saint-Mihiel, 30-40^{m} à Lérouville-Sorcy, elle n'est plus que de 15-20^{m} à Pagny-sur-Meuse-Toul. Aux environs de Neufchâteau et jusqu'à Rochefort, elle se maintient à 20-25^{m}; puis ces chiffres augmentent rapidement, et elle oscille entre 50-60^{m} jusque dans le Châtillonnais.

Les sondages ont encore montré que cette puissance n'était pas constante vers l'intérieur du Bassin de Paris. Non loin des affleurements où il mesure 20-25^{m}, l'Argovien s'est révélé de même puissance en un point (près de Chermisey, à l'Ouest de Domrémy); mais un peu plus au Sud, les coupes ont accusé 68^{m} (Leurville) et 75^{m} (Doulaincourt).

GÉOLOGIE. — *Sur la présence d'une flore fossile tertiaire dans l'archipel de Kerguelen.* Note de M. **E. Aubert de La Rüe**, présentée par M. Ch. Jacob.

J'ai pu reconnaître récemment dans l'archipel de Kerguelen, près de Port-Jeanne d'Arc, des dépôts détritiques appartenant à une formation sédimentaire continentale, locale, puisque ces îles paraissent de nature exclusivement éruptive et volcanique. Cette formation, qui apparaît un peu au nord du Dôme Rouge, se poursuit sur plusieurs kilomètres le long de la côte septentrionale de la péninsule Joffre, jusqu'à la vallée des Neiges; elle renferme une flore fossile assez riche et relativement bien conservée. Il s'agit de dépôts horizontaux, interstratifiés entre des basaltes tabulaires, affleurant depuis le niveau de la mer jusqu'à la cote 180. Ces dépôts, d'origine fluvio-lacustre, montrent souvent une stratification torrentielle entrecroisée; ils sont formés de tufs, de cinérites et de conglomérats à éléments généralement trachytiques, le tout traversé par de nombreux dykes éruptifs.

Des couches de lignite feuilleté sont visibles à différents niveaux, accompagnant des bois fossiles, dont la structure, assez bien conservée, montre qu'il s'agit généralement de restes de Conifères. Les cinérites et les tufs à

sanidine, accompagnant les lignites, sont souvent très riches en débris de végétaux.

M. Depape a bien voulu examiner les plantes que j'ai rapportées et M. Carpentier étudier plus particulièrement les empreintes de Conifères qui sont les plus nombreuses.

Cette flore comprend des Mousses, des Cryptogames vasculaires, des Gymnospermes et des Angiospermes.

Les Mousses, avec des empreintes bien conservées, semblent appartenir à plusieurs types différents.

Les Fougères, assez fragmentaires, se répartissent entre trois formes distinctes, mais l'absence de sporanges permet difficilement de les identifier.

Il est fort possible que de nombreux rameaux souvent bifurqués, couverts de petites feuilles très fines, soient à classer parmi les Lycopodinées; certains d'entre eux rappellent assez *Lycopodium cernuum* L., actuel.

Parmi les Gymnospermes, la présence du genre *Araucaria* est prouvée d'une façon certaine par des écailles, portant chacune une seule graine; ces écailles sont comparables à celles des *Araucaria* actuels du type *A. Rulei* F. Muell., de la Nouvelle-Calédonie. Il est intéressant de noter, dans les mêmes tufs, l'association d'écailles et de graines à des rameaux feuillus rappelant également certains *Araucaria* vivants; des rameaux, à petites feuilles falciformes et décurrentes à la base, se rapprochent de *A. excelsa* R. Br., de l'île Norfolk, et des formes jeunes, de *A. Balansae* Brongn. et Gris, de la Nouvelle-Calédonie. D'autres rameaux, à feuilles plus larges, squamiformes imbriquées, rappellent *A. Rulei.*

On trouve, à côté de ces deux types de rameaux du genre *Araucaria*, un autre type et peut-être même deux, dont les feuilles étroites, uninerviées, disposées en axe spiralé, à base décurrente, sont insérées sur un coussinet. Il s'agit peut-être là d'une Séquoinée ou d'une Abiétacée? Il est toutefois difficile, en l'absence de fructifications, de se prononcer.

Les Monocotylédones sont représentées par différentes empreintes de feuilles étroites et rubanées, à nervation parallèle, appartenant à plusieurs formes, toutes herbacées, voisines des Graminées, des Cypéracées ou des Typhacées.

Les feuilles de Dicotylédones, plus rares, se répartissent, semble-t-il, entre trois formes différentes. Les unes, mal conservées, à nervation pennée, paraissent lobées. D'autres, au limbe coriace et épais, avec une nervure médiane très marquée, ressemblent aux Myrtacées ou aux Ilicacées.

Une empreinte, en très bon état, correspond à une feuille au limbe entier,

arrondi et un peu crénelé vers le sommet allant en s'amincissant vers le pétiole; elle offre quelques ressemblances avec certaines Fagacées.

On ne connaissait jusqu'à présent aux îles Kerguelen que des lignites et des bois fossiles, découverts en 1840 par l'expédition de J. C. Ross, dans quelques fjords du Nord. Certains auteurs, notamment Gœppert, ont attribué ces bois, en l'absence de toute fructification, au genre *Araucaria*. A. C. Seward, ayant repris l'examen de ces anciens échantillons, les décrit sous le terme très général de *Dadoxylon* (*Araucarioxylon*) *kerguelense* (A. C. Seward, *Fossil plants*, 4, 1919, p. 185). Edward pense que la structure de ces bois rappelle celle des *Araucaria* vivants et celle des espèces fossiles de Nouvelle-Zélande et de l'île Seymour; mais il ajoute qu'il est difficile de dire si ces bois fossiles, à caractères d'Araucariées, appartiennent au genre *Araucaria* ou au genre *Agathis;* il conserve donc la désignation de *Dadoxylon* [W. N. Edwards, *Fossil coniferous wood from Kerguelen Islands* (*Annals of Botany*, 35, cxl, 1921, p. 609-617)].

La flore que je viens de découvrir prouve par contre l'existence certaine du genre *Araucaria* dans l'archipel de Kerguelen avec des formes se rapprochant davantage des types actuels de l'île Norfolk et de la Nouvelle-Calédonie que de celles de l'Amérique du Sud.

L'association de Conifères à des plantes monocotylédones et dicotylédones permet d'attribuer avec plus de probabilité qu'auparavant au Tertiaire inférieur les grands épanchements basaltiques formant la masse principale de l'archipel. Cet âge avait d'ailleurs été admis jusqu'à présent, mais d'une façon un peu prématurée, à cause de la seule présence de bois fossiles dehors de tout autre argument paléontologique.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique du flanc Ouest de la montagne du Néron, près de Grenoble.* Note de M. **R. Lambert**, présentée par M. Charles Jacob.

La base du versant Ouest de la montagne du Néron est accidentée par une ligne de dislocation très importante, reconnue depuis longtemps déjà.

Ch. Lory interprétait cet accident comme une faille plus ou moins inclinée : c'était sa *faille de la Grande-Chartreuse*, dans laquelle il voyait le prolongement, sur la rive droite de l'Isère, de la *faille du Moucherotte*. Puis, à cette notion de faille verticale ou oblique, W. Kilian substitua, dans toute cette zone subalpine, celle de *pli-faille*. Les travaux de J. Breton,

P. Corbin, W. Kilian, F. Blanchet, P. Lory montrèrent que la faille du Moucherotte devait être considérée comme l'affleurement d'une véritable surface de charriage. Les coupes du Néron publiées par W. Kilian et F. Blanchet appliquèrent cette conception à l'interprétation du *pli-faille du Néron*. De fait tous les géologues ont été unanimes pour raccorder, à la suite de Ch. Lory, l'accident du Néron à la faille du Moucherotte, et non point, comme l'a voulu Ch. Pussenot, au pli-faille de Sassenage.

Mais, si la signification tectonique de cet accident de la base du versant Ouest du Néron peut être considérée comme définitivement acquise, en revanche le tracé de détail de cette ligne de discontinuité n'avait pas été jusqu'à présent exactement reconnu; en particulier j'ai été amené à rectifier les cartes et coupes récemment publiées ([1]).

La longue bande urgonienne qui figure sur la « feuille Grenoble » est en réalité réduite à son extrémité Sud : on a là un petit lambeau d'Urgonien marmorisé, épais d'une dizaine de mètres, la majeure partie de cette bande étant constituée par le Sénonien. Cette même carte, comme celle de J. Nash d'ailleurs, montre un étroit et assez long ruban de Gault. Or cet étage a presque complètement disparu par étirement; par contre, de nouveaux affleurements étaient restés jusqu'à présent inconnus. L'*Hauterivien supérieur fossilifère* (couches à Spatangues) existe en effet au nord-est du hameau du Muret, où il constitue un bon gisement de *Toxaster retusus* Lmk. Et, plus au Nord, une *lame anticlinale à noyau urgonien*, avec Gault laminé sur l'un des flancs, surgit au milieu des calcaires maestrichtiens au Nord-Est de La Monta.

Les cartes et coupes actuellement publiées, sauf celle de M. Gignoux et L. Moret ([2]), figurent assez généralement la ligne de dislocation entre Sénonien et Mollasse miocène. Or, dans les chaînes subalpines, ces deux terrains entrent normalement en contact; d'autre part, au lieu d'une surface de discontinuité amenant régulièrement deux étages à chevaucher l'un sur l'autre, on observe *sous* les calcaires du Valanginien supérieur (niveau

---

([1]) J. Nash, *De Geologie der Grande Chartreuseketens*, Delft, 1926, pl. III, Carte au $\frac{1}{50000}$. — Feuille de Grenoble de la Carte géologique de la France au $\frac{1}{80000}$, 3e édition 1927; W. Kilian et F. Blanchet, *Une coupe transversale des chaînes subalpines sur la rive droite de l'Isère* (*Annales de l'Université de Grenoble*, nouvelle série, 1, 1924, p. 138).

([2]) M. Gignoux et L. Moret, *Itinéraire géologique à travers les Alpes françaises*, Chambéry, 1930, pl. II, fig. 3.

du Fontanil), en série renversée et fortement laminée, des couches de plus en plus récentes du Sud au Nord.

Ainsi le pli-faille du Néron amène en contact anormal, sous le Valanginien supérieur du flanc normal de l'anticlinal déversé, les terrains successifs du flanc inverse du synclinal de la Monta : couches hauteriviennes à Spatangues, calcaires urgoniens, lumachelle du Gault, et, le plus fréquemment, calcaires sénoniens.

D'ailleurs une étude en cours de publication dans les *Travaux du Laboratoire de Géologie de l'Université de Grenoble* (avec carte au $\frac{1}{20000}$, coupes et stéréogramme) précisera avec plus de détails le tracé de cette importante surface de discontinuité.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Les bandes d'émission de l'aurore polaire dans le spectre du ciel nocturne.* Note de M. **J. Dufay**, présentée par M. Ch. Fabry.

I. Les recherches de Lord Rayleigh et les miennes ont montré que la lumière du ciel nocturne donnait un spectre continu, analogue au spectre solaire (¹). La raie verte de l'oxygène, toujours présente, ne paraissait pas habituellement accompagnée des bandes de l'azote, qui caractérisent le spectre des aurores solaires proprement dites (²).

Depuis, Sommer a obtenu à Göttingen le spectre complet des aurores polaires (³). Mais ses observations n'établissaient pas la présence permanente des bandes de l'azote dans le spectre des nuits ordinaires. Sur 48 clichés en effet, deux seulement montraient les bandes et huit la raie verte. Les autres n'avaient pas été impressionnés. Il paraît d'ailleurs bien difficile d'obtenir un spectre en temps normal avec des poses aussi courtes (8 heures) et un instrument aussi peu lumineux (objectif ouvert à $f/5$). Sommer avait rencontré sans doute deux nuits exceptionnelles (⁴).

(¹) Lord Rayleigh, *Proceedings of the Royal Society*, série A, 103, 1923, p. 45; J. Duafay, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1290. Lord Rayleigh et Slipher ont observé aussi deux raies d'émission d'origine inconnue vers 4450 et 4210 Å.

(²) Lord Rayleigh, *Proceedings of the Royal Society*, série A, 101, 1922, p. 312.

(³) L. A. Sommer, *Zeitschrift für Physik*, 57, 1929, p. 582.

(⁴) Rappelons qu'avec un spectrographe de quartz ouvert à $f/3$ j'ai posé autrefois de 25 à 115 heures et qu'avec un spectrographe de verre ouvert à $f/0,9$, Lord Rayleigh a posé de 50 à 200 heures.

II. J'ai repris l'étude du ciel nocturne à l'Observatoire de Lyon, avec un nouveau spectrographe à deux prismes de flint, muni d'un objectif de 60^{mm} d'ouverture et 90^{mm} de foyer. Trois poses de 22, 85 et 54 heures ont été faites pendant les mois de septembre, octobre et novembre 1931, en visant à l'ouest, à des hauteurs comprises entre 14 et 21°.

Les trois clichés montrent, sur un fond continu, un grand nombre de bandes ou de raies d'émission. Les longueurs d'onde des plus visibles d'entre elles sont données dans la première colonne du tableau suivant. La seconde colonne donne les longueurs d'onde correspondantes déterminées par Sommer, la troisième celles qu'a mesurées Végard en Norvège, pendant des aurores caractérisées ([1]). La quatrième colonne est empruntée au tableau relatif à l'aurore polaire dans le traité de spectroscopie de Kayser ([2]).

(1) Dufay.	(2) Sommer.	(3) Végard.	(4) Kayser.	(1) Dufay.	(2) Sommer.	(3) Végard.	(4) Kayser.
5663 Å ([3])	–	–	–	4449	4457	4446	–
5577	5577	5577,2	5577	4422	4422	4426,2	4424
5480 ?	–	–	–	4382	–	4378,9	4371
4865	4860	4857,4	4866	4268	4270	4266,8	4257
4835	–	–	–	4171	4166	–	–
4707	4709	4708,9	4707	4142	–	–	–
4675	–	–	–	4044	–	–	–
4554	4552	4552,1	4550	3984	3976	–	3986
4500 ?	–	–	–	3951	3946	–	3947
4479	–	4478,0	4489	3914	3916	3913,7	3918

Toutes ces bandes sont incomparablement plus faibles que la raie 5577 Å et leur longueur d'onde n'a pu être mesurée qu'à quelques Å près. Un certain nombre d'entre elles n'ont pas été observées daus le spectre de l'aurore; inversement, des bandes du spectre de l'aurore manquent sur mes clichés.

Les bandes 4707 et 3914 appartiennent au groupe négatif de l'azote (4708,6 et 3914,4); la bande 4269 est la plus intense du second groupe positif (4269,4), auquel paraît appartenir aussi la bande 4142. Les autres bandes ou raies n'ont pas encore été sûrement identifiées. Végard en a

---

([1]) L. VEGARD, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 947.

([2]) H. KAYSER, *Handbuch der Spectroscopie* (Leipzig, Hirzel, éditeur).

([3]) J'avais déjà observé la bande voisine de 5663 Å sur un cliché obtenu en mars 1931, avec une pose de 19 heures. Elle est aussi visible sur un cliché plus récent posé 8 heures 30 minutes.

attribué quelques-unes au spectre de raies de l'atome d'azote. Ce rapprochement peut être étendu à la plupart des longueurs d'onde nouvelles, mais des mesures plus précises seront nécessaires avant de conclure.

III. Les bandes étaient-elles présentes en permanence durant ces longues poses, ou n'ont-elles apparu que pendant quelques heures avec une intensité beaucoup plus grande? En d'autres termes, a-t-on rencontré une nuit exceptionnelle, avec aurore caractérisée, au cours de chaque pose?

Pour chercher à le savoir, j'ai installé au mois de novembre, à côté du premier spectrographe, un deuxième appareil, moins dispersif mais encore plus lumineux. Une plaque a été exposée chaque nuit dans le second spectrographe tant qu'a duré la longue pose du premier.

Les spectres obtenus avec le deuxième appareil sont trop peu étalés pour qu'on puisse y voir beaucoup de détails, mais, sur tous les clichés, on distingue quelques bandes, les mieux séparées de leurs voisines, comme, par exemple, la bande 3914 Å (1).

Il résulte donc de ces observations que les bandes d'émission sont présentes d'une manière très fréquente actuellement, sinon permanente, dans le spectre du ciel nocturne, à 15 ou 20° de l'horizon.

Elles expliquent sans doute une partie notable de la brillance du ciel et l'intensité relativement grande des radiations bleues et violettes que j'ai signalée il y a quelques années (2).

MÉTÉOROLOGIE. — *Maxima de l'intensité du rayonnement solaire observés à Nice et à Thorenc dans les Alpes-Maritimes.* Note de M. **Ladislas Gorczynski**, présentée par M. Ch. Maurain.

Comme suite à une Communication précédente (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1119), nous présentons ici quelques maxima de l'intensité de la radiation résultant d'une série d'observations pyrhéliométriques effectuées à Nice et à Thorenc entre 1928 et 1931.

(1) J'ai observé la bande 3914 dans le spectre du ciel nocturne près de l'horizon pendant l'été de 1924. Il m'avait alors paru naturel de l'attribuer à des éclairs lointains, dont le spectre comprend généralement, comme je l'ai montré, les bandes de l'azote (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1331). La même explication ne peut être invoquée dans le cas des observations actuelles.

(2) J. Dufay, *Thèses*, Paris, 1928, et *Bulletin de l'Observatoire de Lyon*, 10, 1928, p. 115.

Pour les mesures courantes nous avons utilisé des pyrhéliomètres thermo-électriques du type précédemment décrit (*Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1200). Ces appareils simples furent régulièrement et plusieurs fois par mois comparés avec deux pyrhéliomètres à compensation électrique construits par Rose à Upsala, étalonnés indépendamment et vérifiés au surplus à l'Observatoire de Potsdam. En outre les corrections des milliampèremètres, organes essentiels dans la méthode de compensation électrique, furent à plusieurs reprises contrôlées à Paris, à Trappes et aussi à Lwow (Léopol), en Pologne, grâce à la collaboration du docteur Stenz.

Ces précautions, nécessaires en général, deviennent indispensables quand il s'agit d'établir les valeurs maxima de l'intensité du rayonnement solaire. On trouve ces dernières nettement exagérées dans la plupart des séries anciennes, même dans celles établies par les observateurs les plus qualifiés. Ajoutons enfin que toutes les intensités données ci-après en calories-grammes par centimètre carré et minute ont été uniformément ramenées à l'échelle smithsonienne.

Les mesures de Nice furent effectuées par l'auteur dans son poste privé d'observation, situé sur une terrasse près de la mer (quartier Carras), sauf pendant les mois de juin et de juillet 1931. Durant cette période, M. Giacobini, chef de la Station Météorologique de Nice a bien voulu se charger des mesures pyrhéliométriques avec l'appareil que j'ai mis à sa disposition.

A la Station de Thorenc, située à une altitude de $1^{km},2$, à l'Ouest de Nice, à une distance de 40^{km} environ à vol d'oiseau, c'est mon collaborateur, M. François Ostrowski, qui a rempli les fonctions d'observateur pendant sept mois, de décembre 1930 à juin 1931. Les appareils de Thorenc provenant de mon poste d'observation de Nice furent à plusieurs reprises comparés avec les pyrhéliomètres de contrôle mentionnés plus haut.

Le tableau contient les maxima mensuels de l'intensité calories-grammes par minute et centimètre carré de la surface exposée normalement aux rayons solaires, observées pendant près de 3 ans à Nice et pendant 7 mois à Thorenc. A titre de comparaison nous donnons dans le tableau les maxima à Paris établis par M. C.-E. Brazier dans les « Résumés mensuels des observations » faites à l'Observatoire du Parc-Saint-Maur, dépendant de l'Institut de Physique du Globe de l'Université de Paris.

Il ressort de ces comparaisons qu'aussi bien Nice que Paris accusent deux maxima dans la marche annuelle de l'intensité du rayonnement solaire, le premier se présentant au printemps (mars-mai), le second en

automne (en septembre surtout). Le maximum annuel est plus fort à Nice qu'à Paris, mais c'est la station d'altitude de Thorenc qui l'emporte naturellement ($1^{cal},62$ contre $1^{cal},49$ à Nice et $1^{cal},43$ à Paris).

TABLEAU.

Maxima mensuels de l'intensité du rayonnement solaire en calories-grammes par minute et centimètre carré observés à Nice (lat. 43°7′ N, long. 7°3′ EG) *et à Thorenc* (lat. 43°8′ N, long. 6°7′ EG, alt. $1^{km},2$) *dans les Alpes-Maritimes.*

	Nice.				Thorenc.		Nice.	Paris.
	1928.	1929.	1930.	1931.	1930.	1931.	1928-1931.	1924-1931.
Janvier.....	–	1,41	1,32	1,35	–	1,55	1,41	1,21
Février.....	–	1,43	1,37	1,44	–	1,56	1,44	1,29
Mars.......	–	1,37	1,46	1,48	–	1,60	1,48	1,41
Avril.......	–	1,47	1,46	1,47	–	**1,62**	1,47	**1,43**
Mai........	–	1,41	1,49	1,40	–	1,49	**1,49**	1,42
Juin.......	–	1,37	1,32	1,43	–	1,52	1,43	1,41
Juillet.....	–	1,45	1,29	1,45	–	–	1,45	1,37
Août.......	–	1,36	1,28	–	–	–	1,36	1,37
Septembre .	–	1,34	1,46	1,45	–	–	**1,46**	**1,38**
Octobre....	–	1,39	1,44	–	–	–	1,39	1,30
Novembre..	–	1,37	1,41	–	–	–	1,41	1,23
Décembre..	1,43	1,37	1,40	–	1,51	–	1,40	1,18
Année....	–	1,47	1,49	1,48	–	1,62	1,49	1,43

La différence des maxima pour Nice et Paris est surtout accusée en hiver, comme le montrent les différences des maxima mensuels (Nice-Paris) pour chacune des quatre saisons :

Hiver $= 0^{cal},34$; Printemps $= 0^{cal},10$; Été $= 0^{cal},06$; Automne $= 0^{cal},20$.

HYDROLOGIE. — *Du rôle de la condensation de la vapeur d'eau dans l'alimentation des sources.* Note de M. **Octave Mengel**, présentée par M. Ch. Maurain.

D'expériences, sur surfaces relativement restreintes, M. Diénert [1] conclut, d'accord avec la plupart des hydrologues français, que la pluie seule assure l'alimentation des nappes souterraines, et dénie toute valeur au facteur condensation des vapeurs atmosphériques sur ou dans le sol. Il

(1) F. Diénert, *Comptes rendus*. **192**, 1931, p. 1402; **193**, 1931, p. 872.

semble cependant que, suivant les régions, les saisons et la nature du sol, les deux facteurs peuvent intervenir et prendre l'un ou l'autre une importance prépondérante. M. Chaptal [1] montre que, dans la région de Montpellier, en dehors de la condensation sous forme rosée, la fixation de la vapeur d'eau atmosphérique est un phénomène général et permanent, et il évalue à 2000^{kg} par jour et par hectare la quantité d'eau absorbée par le sol ou déposée à sa surface.

Les faits suivants, que j'ai observés dans la plaine et la montagne des Pyrénées orientales au cours d'une trentaine d'années d'exploration, semblent venir à l'appui de l'opinion de l'École de Montpellier.

Dans la plaine, après une longue période de pluie d'été, non seulement la nappe phréatique élève son niveau, mais le débit des nappes artésiennes comprises entre 60 et 200^{m} augmente sensiblement. Par contre s'il s'agit de pluie de courte durée, même abondante, le régime des puits et des sources est peu influencé. Un sol sablonneux, de vigne par exemple, très perméable, asséché sur une profondeur de 1^{m} à $1^{m},50$, ne s'imbibe momentanément, par une pluie de 40^{mm}, que sur 15 à 20^{cm}. De pareilles pluies ne donnent qu'un apport insignifiant à la nappe phréatique. Il est un cas cependant où ces pluies de plaine et de moyenne altitude sont capables de faire descendre la démarcation supérieure du sol sec jusqu'à sa démarcation inférieure avec le sous-sol humidifié, par capillarité, par la nappe phréatique : c'est lorsque la pluie, même peu abondante, se produit après une période de temps marins humides. Dans ce cas le sol se trouve plus voisin de la saturation et plus apte à la pénétration de la pluie. Cette pénétration paraît donc préparée à la fois par une *condensation de la vapeur d'eau dans la partie supérieure du sol* et par une remontée du plan d'humidité de la nappe phréatique grâce à l'arrêt de l'évaporation à la surface du sol ; d'où facilité plus grande pour la pluie de descendre en profondeur. La condensation n'est ici qu'un facteur auxiliaire de la pluie.

En montagne, la neige et la pluie paraissent, à première vue, les seuls facteurs d'alimentation des sources des rivières qui en descendent. On y rencontre cependant des venues d'eau au voisinage immédiat des crêtes, là où l'on n'observe aucun bassin de réception proprement dit pouvant justifier la pérennité de ces sources. Le cas est assez fréquent dans les Pyrénées Orientales, au climat plutôt sec, notamment sur les crêtes des Albères, et

---

(1) L. Chaptal, *La rosée et les dépôts aqueux de l'atmosphère* (*Annales de la Science agronomique*, 47, janvier-février 1930, p. 69-77).

dans les massifs de Carlit et de Madrès dont les crêtes séparent les bassins de la Tet et de l'Aude. L'origine de ces eaux et la constanee de leur débit (que les paysans, frappés de ces conditions paradoxales, attribuent à une remontée des eaux par siphonage?) me semblent dues à un phénomène complexe de condensations principalement nocturnes. C'est en effet à l'aplomb du la crête des Albères que se fait la rencontre des vapeurs marines du SSE avec les courants plus froids du NW, d'où condensation sur les rochers, les mousses et les broussailles. Même raison pour les crêtes de Carlet et de Madrès, au droit desquelles se rencontrent les vapeurs remontant la vallée de la Tet et celles, plus froides, provenant des hautes vallées de l'Ariège et de l'Aude. Il est d'autre part remarquable que de pareilles sources ne se trouvent guère qu'au voisinage des crêtes granitiques. Elles sont moins fréquentes dans le gneiss. Je n'en ai pas rencontré dans les crêtes constituées par des schistes ou micaschistes, pas plus que dans les crêtes calcaires.

Le manque de perméabilité des granites compacts et leur grande hygrométricité, cause de leur décomposition bolaire, retiennent les eaux de condensation à faible profondeur dans les produits de décomposition; les diaclases des gneiss et des calcaires, la fissilité des schistes font au contraire descendre profondément l'eau de condensation, qu'on retrouve dans les thalwegs ou sur leurs flancs associée aux eaux de pluie. Toutefois, s'il s'agit d'éboulis à gros éléments d'une roche quelconque, portant une végétation herbeuse et arbustive assez touffue, on a affaire à une association qui constitue un collecteur d'eau de condensation d'autant plus efficace qu'il est plus orienté au Nord, à l'abri de l'évaporation diurne, et c'est là qu'on a le plus bel exemple (Roc de la Calm, 2315^{m}, près de Font Romeu, Pré Padro, 2364^{m}, dans le massif de Carlit, etc.) de *sources de crête*. On retrouve ainsi au naturel les anciens puits aériens de Crimée.

Le phénomène de condensation dont je viens de parler se produit généralement à la façon d'une pseudo-bruine, analogue à celle que l'on rencontre à toute altitude, même en l'absence de brouillard, sous le couvert de la forêt. Au matin s'y ajoute la condensation due au rayonnement et refroidissement nocturne. Celle-ci, très accentuée dans les régions montagneuses, s'observe jusque dans la plaine du Roussillon avec une intensité peu commune en mars et surtout en novembre quand en ces mois la pluie fait défaut. Sur la pelouse de l'Observatoire de Perpignan, on a recueilli au pluviomètre $1^{mm},75$ en novembre 1928, $0^{mm},7$ en 1929, $1^{mm},0$ en 1930 avec dépôt journalier allant jusqu'à $0^{mm},4$. Si l'on considère que le pluviomètre

est à $1^m,50$ du sol, on peut en induire l'importance de l'apport occulte par condensation au sol.

En somme, pour ce qui est du midi de la France : en plaine, la condensation des vapeurs atmosphériques ne serait qu'un facteur auxiliaire de la pluie; en montagne, elle est la raison même des *sources de crête* durant la saison sèche; d'autre part elle contribue d'autant plus à la pérennité des *sources de thalweg* que leur émergence est plus haut située.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le* Lepidium sativum *à des latitudes différentes en* 1931. Note de M. **Pierre Lesage**, présentée par M. Molliard.

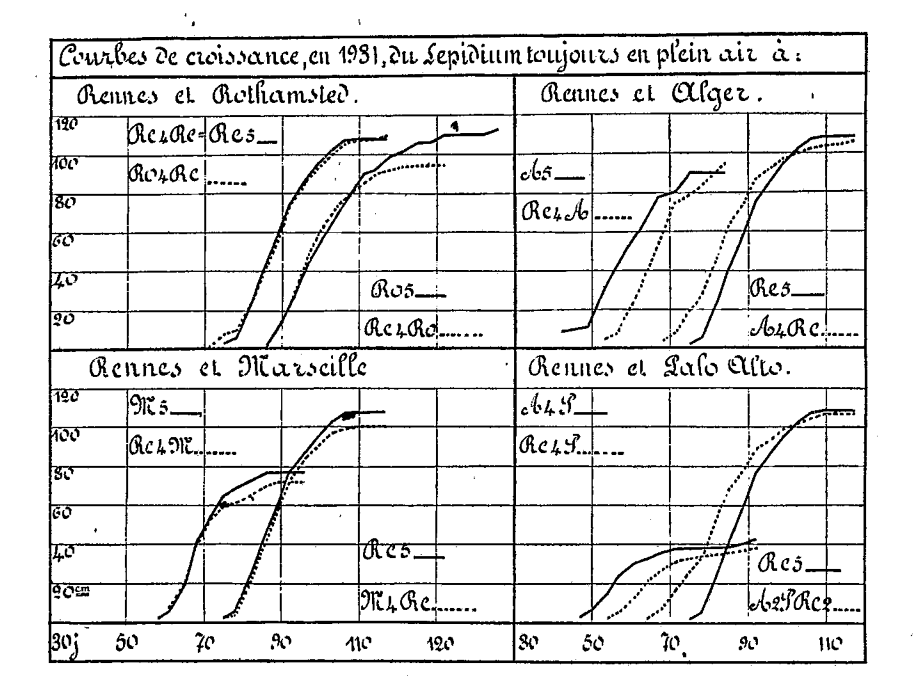
J'ai déjà donné des résultats de mes cultures de 1931, particulièrement en ce qui concerne celles de Rennes [Pierre Lesage, *Suite de recherches sur la précocité après la vie sous châssis et après la vie dans le Midi* (*C. R. Acad. Agric.*, 17 juin 1931)]. Avec les notes que j'ai reçues depuis de MM. Maire, Hall, Jumelle et de Miss Brenchley, je me propose de présenter ici les courbes de croissance du *Lepidium sativum* toujours en plein air aux stations suivantes, dont je donne les noms avec leurs initiales employées dans cette Note, et la latitude approchée : Alger (A, 36°), Palo Alto (P, 37°), Marseille (M, 43°), Rothamsted (Ro, 51°), pour les comparer aux courbes de croissance du même *Lepidium* toujours en plein air à Rennes (Re, 48°).

Ces courbes, représentées dans le tableau ci-après, sont construites en prenant les hauteurs successives des tiges pour ordonnées et pour abscisses les temps comptés en jours à partir du 30e jour après le semis qui a été fait partout le 5 mars excepté à Rothamsted où ce semis n'a pu être fait que le 11 mars. Ce tableau comprend quatre compartiments dans chacun desquels figurent les courbes des cultures de Rennes opposées à celles de l'une des autres stations, cultures issues des mêmes graines récoltées en 1930 à Rennes et à cette station. Dans ce tableau et dans le texte, les stations sont désignées par leurs initiales avec l'indice rappelant le nombre de générations pendant lesquelles la plante a vécu à ces stations, l'ordre de ces initiales indiquant la succession des générations de 1927 à 1931 inclusivement

Avant d'interpréter ces courbes, il faut dire que les conditions de culture n'ont pu être exactement les mêmes aux diverses stations; en dehors du climat et, en particulier, de la température, disons que la composition des sols, les arrosages n'ont certainement pas été les mêmes et, à cause de cela par exemple, les hauteurs de tiges ne peuvent se comparer qu'à la même

station où le sol était le même et les arrosages égaux pour toutes les cultures de cette station. Ce que je désire mettre en relief c'est l'allure générale des courbes et en isoler les principales indications en me servant, en outre, des notes que j'ai prises à Rennes, au cours de la végétation, ou que m'ont envoyées mes collaborateurs.

Tout d'abord on voit que les plantes provenant des mêmes graines se développent plus tôt dans les stations du Midi que dans les stations du Nord.



Ensuite, dans chaque station, les plantes provenant de graines ayant quatre générations à Alger sont précoces par rapport à celles qui ont eu quatre générations à la station considérée comme on peut le voir dans le compartiment Rennes et Alger; mais, en outre, la précocité tend à s'accentuer au fur et à mesure qu'on remonte vers le Nord. Même à Alger, les graines qui ont eu quatre générations à cette station ont donné des plantes A_5 précoces par rapport aux plantes Re_4A qui proviennent de de graines mûries à Rennes, indiquant, par là, qu'elles ont nettement gardé le souvenir de leur vie antérieure à Alger.

On retrouve quelque chose de comparable à Palo Alto.

A Rothamsted, les plantes M_4Ro ont une légère avance sur les plantes Ro_5. Il n'apparaît pas qu'il y ait quelque chose de semblable à Rennes où

une très légère différence, mais en sens contraire, semblerait se manifester entre M_4Re et Re_5 comme cela se voit dans le compartiment Rennes et Marseille.

Dans le compartiment de Rennes et Palo Alto, j'ai opposé la courbe de A_2PRe_2 à la courbe de Re_5 pour faire ressortir une amorce à l'hérédité de la précocité, à Rennes, de plantes ayant vécu dans le Midi (Alger et Palo Alto) pendant trois générations. Pour nous en rendre compte, remontons dans la généalogie de ces plantes : en 1929, c'est A_2P à Palo Alto; en 1930, c'est A_2PRe manifestant un début très net de précocité en première génération à Rennes ([1]); en 1931, c'est la culture A_2PRe_2 qui conserve cette précocité ([1]) en deuxième génération à Rennes et c'est bien là un commencement d'hérédité. Pendant combien de générations cette précocité se conservera-t-elle ? C'est ce que des expériences nouvelles devront nous apprendre.

Il ne faut pas oublier que ces résultats ont été obtenus avec des plantes vivant toujours en plein air, au moins depuis 1910, à ma connaissance.

En ce qui concerne l'hérédité de la précocité en plein air après la vie sous châssis, nous avons constaté que cette hérédité se conserve encore en 1931, donc au moins jusqu'à la dixième génération, aussi bien dans toutes les stations en dehors de Rennes qu'à la station de Rennes.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'extension et la propagation de la maladie de la Rosette de l'Arachide au Sénégal.* Note de M. **Aug. Chevalier**, présentée par M. L. Mangin.

Chargé en 1929 par le Gouvernement général de l'Afrique occidentale et par le Gouvernement du Sénégal d'une mission en vue d'étudier les divers problèmes biologiques concernant la culture de l'Arachide dans l'Ouest africain, nos recherches out porté principalement sur l'extension de la maladie de la Rosette. Cette affection est, comme l'on sait, une maladie à virus. Observée pour la première fois en Afrique orientale en 1907 par A. Zimmermann, elle ne fut remarquée au Sénégal que dans ces dernières années ; mais au dire des Indigènes, elle y existait depuis longtemps puis-

([1]) Pierre Lesage, *Croissance du* Lepidium sativum *cultivé à des latitudes différentes en* 1930 (voir Culture n° 5 des photographies) (*Comptes rendus*, 191, 1930, p. 861).

qu'ils la connaissent sous les deux noms vernaculaires de *Arène bougor* (Arachide mâle) et de *Guerté ngana* (Arachide lépreuse); la première appellation résulte de ce que la plante malade ne produisant pas de fruits est considérée comme mâle, la seconde vient de ce que les extrémités du végétal ayant la Rosette présentent des rameaux courts ressemblant à des moignons et une décoloration partielle des folioles, aspects qui font penser aux mains des indigènes lépreux. Les sujets atteints se reconnaissent par leur port rabougri, dressé en rosette et par leur teinte jaunâtre ou panachée; certains plants atteints de rosette ne sont cependant pas chlorosés; la teinte des folioles est au contraire d'un vert plus foncé. Il n'y a pas ou presque pas de gousses sur les plantes qui sont malades dès le début de la végétation. La Rosette existe dans tout le Sénégal et s'observe sur les diverses variétés d'Arachides. En 1929, j'évaluais à 1 ou 2 pour 100 le nombre des plants malades; en 1930, la Rosette avait pris une grande extension et M. Trochain évaluait à 10 ou 15 pour 100 le nombre des pieds lépreux existant dans le Baol et le Cayor; en 1931, d'après M. Froment, la maladie est bien moins fréquente et n'a débuté que le 8 septembre alors que les gousses étaient déjà formées.

Nous n'avions pu, lors de notre séjour au Sénégal en 1929, faire suffisamment d'observations sur l'origine de la maladie, mais nous avions appelé l'attention du personnel de la Station expérimentale de M'Bambey sur l'intérêt qu'il y aurait à rechercher le ou les insectes auxquels est due la transmission du virus ([1]).

Tout récemment M. Froment nous faisait parvenir un matériel entomologique que nous avons communiqué à M. Jeannel, qui a soumis les insectes incriminés à divers spécialistes. L'envoi contenait un puceron que M. Bouffil considère comme transmetteur de la Rosette. Plusieurs de ces pucerons trouvés sur un pied malade ont été placés sur un pied sain. Dix jours après l'infection commençait et bientôt le pied présentait tous les symptômes de la Rosette.

M. Mimeur rapporte les pucerons à *Aphis laburni* Kalt. var. et il estime qu'ils se rapprochent beaucoup des formes *genistæ* et *Cistiella*.

On sait que l'*Aphis laburni* a déjà été signalé en 1927 par M. Hargreaves comme le vecteur de la Rosette de l'Arachide dans l'Ouganda (*Annual Report*, Entebbe, 1928, p. 26). On constate ainsi que c'est le même insecte

([1]) Nous remercions MM. Sagot, Froment, Bouffil, Montcoffe pour leurs communications sur cette question.

qui intervient comme propagateur de la Rosette dans deux régions très éloignées, le Sénégal et l'Ouganda. L'observation de M. Bouffil offre donc un très grand intérêt. Mais là ne se sont pas bornées les remarques de cet observateur. Il a trouvé sur les plants d'Arachides atteints une larve de Coccinelle qu'il a élevée en la nourrissant de pucerons vivant sur l'Arachide qu'elle consomme en quantité. Cette Coccinellide a été reconnue par M. Jeannel comme étant *Cydonia vicina* Muls. Enfin M. Froment nous a fait parvenir des spécimens d'une fourmi que M. Bouffil a observée par groupes sur les Arachides atteintes de Rosette et qui paraît jouer aussi un rôle près des pucerons qu'elle excite au moyen de ses antennes. Cette fourmi a été reconnue par M. Sautcler comme étant le *Crematogaster* (Acrocoelia) *senegalensis* Roger.

Nous avons d'autre part constaté en 1929 que la Rosette est particulièrement abondante sur les *Sakhagayes* (Arachides subspontanées se trouvant dans les jachères) qui sont très précoces. C'est là qu'elle se maintient à l'état permanent, le virus existant aussi probablement sur des légumineuses spontanées qu'il faudra rechercher.

Lorsque les Arachides cultivées entrent en végétation en août l'*Aphis laburni* inocule la maladie des Sakhagayes aux plantes ensemencées. En éliminant les Sakhagayes et en tuant les Arachides atteintes de Rosette avec les pucerons qui vivent sur leurs feuilles, on pourra réduire sans doute beaucoup l'extension de la maladie.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la lyse du bacille de la morve et du bacille pyocyanique*. Note de MM. **R. Legroux** et **Kemal Djemil**, présentée par M. E. Roux.

Le bacille de la morve, si hautement pathogène, ne se rencontre pas en dehors des lésions qu'il développe chez les mammifères. L'un de nous, depuis longtemps, a émis l'hypothèse que cette bactérie doit se trouver dans le milieu extérieur sous une forme dénuée de virulence, voisine du bacille pyocyanique sans pigment.

Cette parenté est devenue plus vraisemblable par la découverte d'un bacille pathogène pour l'homme, isolé en Malaisie par Withmore; les bactériologistes anglais ont rapproché les caractères de ce bacille de ceux du bacille de la morve, avec R. Pons (*Annales de l'Institut Pasteur*, 41, p. 1348)

nous avons au contraire rattaché au bacille pyocyanique ce microbe, qui devient le chaînon intermédiaire entre le bacille morveux et le bacille de Gessard. Le rapprochement des caractères biochimiques et pathogènes des trois microbes nous a confirmé, mon collaborateur et moi, dans cette hypothèse.

Aujourd'hui nous apportons des faits nouveaux justifiant le rapprochement de ces bactéries.

Nous avons utilisé les principes autolytiques bactériens qui existent, à notre avis, dans tous les bouillons de culture après une certaine durée de séjour à 37°, l'adjonction à 10^{cm^3} de bouillon nutritif de $0^{cm^3},5$ de glycérine neutre stérilisée nous paraît stabiliser le principe lytique.

L'expérience nous a montré qu'après 12 jours à 37° le principe lytique était décelable; les bouillons sont alors filtrés sur bougies Chamberland L 3, et le filtrat est ajouté à des bouillons neufs ensemencés ensuite avec les souches de collection, indemnes en apparence de principe lytique.

Voici les résultats observés :

Le filtrat de culture de 12 jours du bacille morveux ne contient pas de principe lytique pour le bacille de la morve ou le bacille de Withmore.

Le filtrat de culture de 12 jours du bacille de Withmore contient un principe lytique pour le bacille de la morve, mais non pour le bacille de Withmore.

La culture de bacille morveux additionnée de filtrat du bacille de Withmore, laissée 24 heures à 37° puis filtrée sur bougie contient le principe lytique pour le bacille de Withmore, en même temps qu'elle exalte celui du bacille morveux.

Ce dernier filtrat n'a aucune action sur le déxeloppement d'autres bactéries, bacille du colon, bacille dysentérique Shiga, staphylocoque doré, dont les principes autolytiques sont entretenus régulièrement à l'Institut Pasteur; ces principes n'ont aucune action sur les cultureu du bacille de la morve et du bacille de Withmore.

Une dernière série d'expériences a été pratiquée avec le bacille pyocyanique (races Pe A et M S de Gessard); les cultures liquides filtrées après 15 jours à 37° provoquent la lyse transmissible du bacille morveux, mais ne sont pas actives sur les bacilles pyocyaniques et le bacille de Withmore.

Enfin, pour nous assurer de la spécificité de groupe de cette réaction de bactériolyse, nous avons recherché l'action du filtrat de cultures âgées de bactéries protéolytiques, bacille anthracoïde et bacille protée : les cultures

du bacille de la morve se sont développées régulièrement en présence de ces filtrats.

En résumé, les filtrats de culture en bouillon après 12 à 15 jours à 37° de bacille de Withmore et de bacille pyocyanique ajoutés aux cultures de bacille morveux provoquent la lyse transmissible de ce bacille; les filtrats lytiques d'autres bactéries n'empêchent pas le développement normal du bacille de la morve.

MICROBIOLOGIE. — *Contribution à l'étude de la multiplication microbienne : Influence de la composition des milieux liquides habituellement employés dans les laboratoires, sur la valeur du croît microbien (bacille pyocyanique).* Note de MM. **Jean Régnier** et **Robert David**, présentée par M. A. Desgrez.

Nous avons voulu rechercher si la multiplication microbienne était influencée par la richesse en matières nutritives des différents milieux de culture.

Des milieux liquides étaient préparés de la façon ordinaire, neutralisés à pH 7, et stérilisés. On procédait au dosage des éléments chimiques tenant la plus grande place dans le métabolisme microbien : carbone, azote et phosphore, sous différentes formes, soufre, chlorures. Après ensemencement d'une quantité uniforme de bacilles pyocyaniques (500000 germes visibles par centimètre cube) les cultures étaient placées à 37°.

Les variations du nombre des germes étaient alors déterminées à intervalles réguliers, à l'aide de la méthode de numération par ensemencement sur plaque de bouillon gélosé [1].

Dans le tableau suivant nous donnons, à côté de la richesse en produits nutritifs, exprimée en grammes par litre, le nombre maximum de germes et le moment d'apparition de ce maximum, le commencement et la fin de la phase de multiplication logarithmique, particulièrement représentative de la multiplication microbienne ainsi que le « temps de génération »,

---

(1) Pour les méthodes de numération et les techniques chimiques, ainsi que pour la préparation des milieux de culture, voir : J. Régnier et S. Lambin, *Bull. Sc. Pharm.*, 34, 1927, p. 401 et 490; R. David, *Thèse Doct. Sc.*, Paris, 1931, et la mise au point détaillée qui sera publiée ailleurs.

Milieux de culture utilisés.	Carbone (méthode de Desgrez).	Azote total (méthode de Kjeldahl).	Azote amino-ammoniacal (Sörenson-Mestrezat).	Azote ammoniacal (Schlœsing-Mestrezat).	Azote aminé (par différence).	Phosphore total (Copaux).	Phosphore des phosphates (méthode à l'urane).	Soufre total (méth. à la benzidine).	Chlorures en Na Cl (Charpentier-Volhard).	Nombre maximum des germes (en millions par cm³) moyennes de 4 expériences.	Heure d'apparition de ce maximum.	Commencement et fin de la période logarithmique.	Temps moyen de génération (en minutes) pendant la période logarithmique.
I. Eau peptonée (peptone pancréatique) non salée.........	4,30 g	1,51 g	0,36 g	0,06 g	0,30 g	0,06 g	0,04 g	0,05 g	0,41 g	3300	38 h	2 h 30-6 h 30	34 m
II. Eau pepton. salée..	4,30	1,51	0,36	0,06	0,30	0,06	0,04	0,05	5,55	3466	38	2.30-6.30	35
III. Liquide obtenu par macération de 500g de viande pour 1l d'eau distillée....	4,65	1,73	0,32	0,08	0,24	0,48	0,44	0,07	0,70	4372	48	2.30-6.30	38
IV. Liquide obtenu par seconde macération de la viande ayant déjà servi...	1,09	0,49	0,11	0,03	0,08	–	–	–	–	2660	42	3 -5.30	43
V. Bouillon peptoné salé.............	9,59	3,63	0,75	0,15	0,60	0,54	0,50	0,13	6,14	5050	48	2.30-6.30	39
VI. Bouillon Liebig...	12,58	4,08	0,85	0,12	0,73	0,34	0,33	0,15	6,14	4380	30	2 -7	36
VII. Bouillon Martin..	7,58	3,05	0,58	0,25	0,33	0,43	0,41	0,11	7,96	4946	48	3 -6.30	43

c'est-à-dire le temps moyen nécessaire pour une bipartition, pendant cette période.

1° Si l'on compare la constitution chimique des différents milieux nous voyons que :

a. Le bouillon Liebig est le plus riche en carbone et en azote total. Nous trouvons ensuite le bouillon peptoné salé, le bouillon Martin, puis l'eau peptonée et la première macération de viande. La seconde macération de viande présente des chiffres très inférieurs.

On observe sensiblement le même ordre en tenant compte de l'azote aminé et de l'azote ammoniacal. Remarquons cependant que le bouillon Martin est le plus riche en ammoniaque.

b. La presque totalité du phosphore se trouve à l'état de phosphates. Cet élément est surtout apporté par les macérations de viande.

c. Il y a toujours moins de soufre que de phosphore.

d. Les milieux dans lesquels on a ajouté du sel, dans le but théorique de régler la pression osmotique, présentent finalement des teneurs assez variables en chlorure de sodium.

2° *Si l'on compare la valeur de la multiplication microbienne dans les différents milieux, nous voyons que :*

a. La multiplication microbienne se fait sensiblement sur le même rythme pour tous les milieux.

b. Les nombres maxima de microbes semblent être, à première vue, en relation avec la composition du milieu nutritif. D'un examen approfondi on doit cependant conclure que la valeur du maximum n'est pas dû tout proportionnelle à la richesse du milieu de culture. Ainsi le bouillon Liebig, dix fois plus riche en carbone, en azote total et en acides aminés que la seconde macération de viande, produit un nombre de germes qui n'est même pas deux fois plus grand. De même le bouillon peptoné salé, qui renferme à la fois les éléments nutritifs de la première macération de viande et de l'eau peptonée salée, est bien loin de produire, comme nombre de germes, la somme des nombres donnés par ses deux composants.

c. L'addition de chlorure de sodium n'a pas d'influence, comme on le voit en comparant la multiplication microbienne en eau peptonée, salée et non salée.

3° A ces constatations ajoutons les remarques suivantes :

Les bactéries conservent leur vitalité moins longtemps dans les milieux les plus riches en matières protéiques. Ainsi, dans le bouillon Liebig, après 10 jours à l'étuve, le nombre de germes capables de se reproduire sur

bouillon gélosé était extrêmement réduit (24000 par centimètre cube).

Dans les mêmes conditions, la première macération de viande présentait un nombre de germes bien plus grand (233 millions par centimètre cube). Après 164 jours à l'étuve, cette dernière culture donnait encore des repiquages très riches.

Au point de vue pratique, et pour le cas que nous avons étudié, nous pouvons conclure que les milieux de culture les plus simples, et, en particulier, la macération de viande, déjà préconisée par Grimbert, peuvent être préférés aux milieux de préparation plus complexe.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Recherches sur les centres nerveux de la tortue inoculée de virus rabique.* Note de MM. **Remlinger**, **Manouélian** et **Bailly**, présentée par M. Roux.

Deux d'entre nous ayant étudié l'action du virus rabique chez la tortue marocaine (*Testudo mauritanica*), nous avions constaté que les plus fortes doses de virus inoculées dans le cerveau ne déterminaient chez ce reptile aucun symptôme apparent. Cependant, dès le troisième jour de l'inoculation, l'encéphale se montrait virulent; quelques gouttes d'une émulsion dans l'eau physiologique inoculées dans le cerveau du lapin provoquaient une rage typique. Et cette virulence se maintenait chez *Testudo mauritanica* pendant cent dix jours sans subir le moindre affaiblissement [1].

Les expériences suivantes montrent que le virus rabique se conserve bien plus longtemps encore dans l'encéphale de la tortue.

Trois tortues reçoivent dans le cerveau après cloutage une émulsion de virus de la rue :

Tortue 1 est inoculée le 28 juillet 1930 avec la souche M;
Tortue 2 est inoculée le 10 septembre 1930 avec la souche M;
Tortue 3 est inoculée le 10 septembre 1930 avec la souche C.

Ces trois tortues n'ont rien présenté d'anormal jusqu'au 20 février 1931, date à laquelle elles ont été sacrifiées; $0^{cm^3},5$ d'émulsion d'un fragment de l'encéphale de chaque tortue est inoculé dans le cerveau de deux lapins. Tous les lapins inoculés succombent à la rage au bout de 12-14 jours. Le tableau suivant résume ces expériences.

(1) *Ann. Inst. Pasteur*, 43, novembre 1929, p. 1396-1407.

Numéros de la tortue.	Sacrifiée après	Date d'apparition des premiers symptômes de la rage.	Mort de la rage.
1. Souche M..........	207 jours	lapin B.93, 11ᵉ jour	14ᵉ jour
		lapin B.94, 11ᵉ jour	14ᵉ jour
2. Souche M..........	163 jours	lapin B.90, 11ᵉ jour	14ᵉ jour
		lapin B.92, 11ᵉ jour	14ᵉ jour
3. Souche C..........	163 jours	lapin B.95, 11ᵉ jour	14ᵉ jour
		lapin B.96, 9ᵉ jour	12ᵉ jour

Nous avons pensé qu'il serait intéressant d'étudier le système nerveux central de ces tortues et de rechercher si l'on peut y déceler des corpuscules de Negri et les formations décrites par Manouélian et Viala dans toutes les formes de la rage.

L'étude de la corne d'Ammon, des différentes portions du cerveau, de l'encéphale, particulièrement de la protubérance et du bulbe rachidien, ainsi que de la moelle épinière nous a fourni des résultats des plus démonstratifs. Dans tous ces centres nerveux nous avons constaté la présence des corpuscules de Negri et des formations communes à la rage de la rue et à la rage à virus fixe. Les images fournies par les coupes sont si typiques qu'on ne peut hésiter à porter le diagnostic de rage. Tous ces éléments se trouvent en effet dans les cellules nerveuses. Leurs formes et leurs dimensions sont analogues à celles des éléments que l'on trouve chez les chiens et les lapins enragés [1]. Leur répartition dans les centres nerveux est très variable; rares dans certaines parties, ces corps fourmillent dans d'autres; en particulier dans la corne d'Ammon, la protubérance et le bulbe rachidien. Certaines cellules nerveuses n'en contiennent que des unités, mais il existe des neurones qui en sont littéralement bourrés. Parfois cependant ces corps paraissent extracellulaires. En réalité ils sont inclus dans une petite masse de cytoplasme d'un neurone dont le noyau ne se trouve pas dans la coupe examinée et l'étude des coupes sériées voisines permet de découvrir ce neurone avec son noyau.

A signaler comme lésions des infiltrations périvasculaires, des nodules constitués surtout de lymphocytes, ainsi que d'autres altérations.

---

(1) Pour la technique suivie, voir *Ann. Inst. Pasteur*, 38, mars 1924, p. 258-267. L'étude histologique des centres nerveux des lapins inoculés avec les cerveaux des tortues 1, 2, 3 ne nous a révélé que ce que l'on constate habituellement dans la rage expérimentale du lapin.

Aucune lésion, aucun corpuscule analogue à ceux dont il vient d'être question n'ont été observés dans le système nerveux central de deux *Testudo mauritanica* normales.

Il résulte donc de nos recherches que le virus rabique de la rue inoculé dans le cerveau de *Testudo mauritanica* garde sa virulence pendant au moins six mois. Cette virulence s'accompagne de la présence dans les centres nerveux des corpuscules de Negri et des formations décrites par Manouélian et Viala dans toutes les formes de la rage.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Action curative du bismuth liposoluble dans la syphilis expérimentale inapparente.* Note de MM. **C. Levaditi** et **A. Vaisman**, présentée par M. Roux.

Levaditi, Sanchis-Bayarri et R. Schoen [1] ont montré que le virus syphilitique comporte un cercle évolutif complexe, dont la forme spirochétienne n'est qu'une des phases, l'autre phase étant représentée par des éléments infravisibles et, très probablement, filtrables. Ces éléments assurent la conservation du germe pendant les périodes d'accalmie de la syphilis; on les retrouve dans les ganglions lymphatiques, la rate et le cerveau des animaux contaminés. On sait d'autre part que le bismuth détruit le tréponème au niveau des accidents spécifiques et qu'il stérilise les ganglions lymphatiques. Il agit, par conséquent, non seulement sur la phase spirochétienne du virus, mais encore sur la phase infravisible. Ces données ont été établies par des expériences faites sur des lapins porteurs de chancre à virus Truffi [Levaditi et Lépine [2]]. Or il importait d'étudier l'action virulicide du bismuth chez des animaux dont la syphilis évolue sans chancre (infection inapparente). Tel est le cas de la souris, chez laquelle la maladie ne se traduit que par la virulence des ganglions lymphatiques, de la rate et du cerveau (Kolle et Evers, Schlossberger). Nous avons réalisé des expériences de bismuthothérapie chez cette espèce animale, et nous rapportons les résultats enregistrés.

Technique. — Des souris blanches sont infectées par insertion sous-cutanée de greffons de chancre de lapin (virus Truffi). Certaines, parmi elles, servent de témoin,

(1) Levaditi, Sannchis-Bayarri et Schoen, *Ann. Inst. Pasteur*, 42, 1928, p. 475.

(2) Levaditi et Lépine, *La Presse médicale*, 1931, n° 51, p. 948.

alors que d'autres sont traitées par le *α-carboxyéthyl-β-méthylnonoate basique de Bi liposoluble* (Bivatol), à la dose de 8mg pour une souris de 25g. L'injection est administrée 8, 20, 40 et 80 jours après l'inoculation. Les animaux sont sacrifiés à des intervalles réguliers et les ganglions lymphatiques, la rate ainsi que le cerveau sont inoculés à des lapins, par voie sous-scrotale.

Résultats :

Ganglion et rate.

Traitement.	Nombre de souris.	Sacrifiées après traitement.	Nombre de lapins inoculés.	Maximum de survie.	Résultats.
8e jour	4	11e jour	7	114 jours	négatif
		33e »	5	42 »	»
20e »	4	29e »	6	105 »	»
		49e »	7	183 »	»
40e »	4	20e »	6	183 »	»
		50e »	7	162 »	»
80e »	4	37e »	6	133 »	»
		51e »	4	100 »	»

Les inoculations de cerveau ont fourni des résultats identiques aux précédents.

Souris témoin. — L'examen de la virulence des organes hématopoïétiques des souris témoins (non traitées) a fourni les résultats suivants :

		Résultats positifs.
Deux souris sacrifiées le	11e jour	1:2 lapins inoculés
»	27e »	2:4 »
»	83e »	1:3 »
»	110e »	5:7 »

Ces données prouvent que le bismuth liposoluble exerce une action stérilisante non seulement sur la forme spirochétienne du virus syphilitique, mais encore sur la phase infravisible de ce virus, présente dans les organes hématopoïétiques des animaux contaminés. Il agit curativement sur la syphilis inapparente de la souris, peu importe le moment où l'on administre le médicament (de 8 à 80 jours après l'infection).

Conclusions : *Le bismuth liposoluble* [*α-carboxyéthyl-β-méthylnonoate basique de Bi* (Bivatol)] *exerce une action curative profonde et durable dans la syphilis latente de la souris* (*infection inapparente*). *Ses propriétés virulicides se manifestent quelles que soient les phases* (*spirochétienne ou infravisible*) *du cycle évolutif du virus syphilitique, au moment où l'on administre le médicament.*

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Inoculation à l'homme de souches bactériennes, isolées de trachomateux tunisiens.* Note de M. **Ugo Lumbroso**, présentée par M. Mesnil.

J'ai rapporté [1] les résultats d'inoculation pratiquées sur des singes inférieurs avec de nouvelles souches bactériennes, isolées de trachomateux tunisiens. Les résultats, pour intéressants qu'ils m'ont paru, n'étaient pas, à mon avis, décisifs. Je n'ai obtenu en effet, chez aucun singe, la formation de granulations au siège électif du trachome humain, la région tarsienne. En outre, les conjonctivites granuleuses naturelles sont fréquentes chez les petits singes et l'examen le plus minutieux peut laisser échapper des lésions minines à l'observateur.

Il importait donc de reprendre ces expériences sur la seule espèce vraiment sensible. J'ai fait choix d'aveugles à conjonctives reconnues saines.

Une *première série* de quatre expériences fut instituée pour contrôler des souches qui n'avaient montré aucune activité sur le singe; ces souches furent également inactives pour l'homme.

Dans une *seconde série*, j'éprouvai la virulence, pour notre espèce, de souches qui s'étaient montrées actives pour des singes. Les sujets ont été inoculés par scarifications et par injection sous-conjonctivale (paupière inférieure droite) de deux dixièmes de centimètre cube d'une suspension bactérienne à un milliard de microbes.

Premier sujet. — Inoculé avec la souche 12-85 (type A). Au 5e jour, réaction inflammatoire modérée. Le 20e jour, la réaction est plus marquée : présence de deux grosses granulations au voisinage du bord libre du tarse inférieur; les conjonctives, légérement œdémateuses, semblent contenir, dans leur épaisseur et sur toute leur surface, des follicules hypertrophiés. Le 62e jour, disparition de la réaction folliculaire, persistance d'un léger œdème au point où l'on avait observé les deux granulations du début. La conjonctive de la paupière supérieure, non inoculée, n'a pas présenté de lésions.

Deuxième sujet. — Inoculé avec la souche 26-3 (type B). Au 7e jour, petit abcès au point d'inoculation, aspect rugueux des conjonctives tarsiennes des deux yeux. Le 21e jour, rugosité plus marquée, surtout le long du bord libre du tarse. Le 60e jour, aspect velouté du tarse.

Troisième sujet. — Inoculé avec la souche 17 (type B). Au 7e jour, présence de très nombreuses granulations tomenteuses et succulentes de la conjonctive palpébrale

---

[1] *Comptes rendus*, t. 193, 1931, p. 964.

inférieure, sur un tissu hyperémié et œdémateux; sécrétion nulle. Le 21e jour, inflammation moins violente; persistance des granulations; bord libre du tarse rugueux. Le 60e jour, aspect velouté et rugueux du tarse, disparition des granulations, persistance d'une forte hyperémie de la conjonctive.

Les lésions, observées sur l'homme, n'ont pas été graves; on ne peut cependant les mettre en doute. Elles ont consisté dans l'apparition rapide de granulations sur la conjonctive de la paupière inoculée et dans la production définitive d'un aspect velouté et rugueux du tarse qui nous paraît caractéristique. Les lésions humaines ont été moins marquées que celles qu'ont présenté les singes, inoculés avec les mêmes souches. Nous nous expliquons cette différence par la disproportion entre les quantités de microbes inoculés sous la conjonctive.

En résumé, dans l'état actuel de mes expériences et dans l'attente des résultats de nouveaux essais, je crois pouvoir conclure que :

1° Les souches du *type C* ne sont jamais virulentes pour les conjonctives de l'homme et des singes;

2° Celles du *type A* ne présentent qu'une virulence très inconstante et sans caractères;

3° Celles du *type B* sont douées, en général, d'un pouvoir pathogène spécial vis-à-vis de la conjonctive de l'homme et de celle des singes. La réaction qu'elles provoquent, bien qu'atténuée, me paraît en rapport avec les lésions du trachome naturel.

La séance est levée à 15^{h}50^{m}.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 16 novembre 1931.)

Note de MM. *L. Palfray*, *S. Sabetay* et Mlle *Denise Sontag*, Sur la déshydratation potassique du phényléthanediol (phénylglycol) :

Page 942, ligne 11, *au lieu de* 752^g, *lire* 576^g.

(Séance du 23 novembre 1931.)

Note de M. *Maurice Piettre*, A propos de l'état physique des phosphates calciques dans le lait :

Page 1044, ligne 4, *au lieu de* (7^g,5 pour 100), *lire* (1^g,5 pour 100).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 DÉCEMBRE 1931.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS DE LAUNAY.

RENOUVELLEMENT ANNUEL

DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. **Charles Richet** est élu Vice-Président pour l'année 1932 par 62 suffrages contre 1 à M. *P. Marchal.*

M. **Ch. Lallemand**, par 57 suffrages contre 1 à M. *G. Perrier*; M. **E.-L. Bouvier**, par 58 suffrages, sont réélus membres des Commissions administratives.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret, en date du 5 décembre 1931, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Lucien Cuénot** pour occuper la place de Membre non résidant vacante par le décès de M. *Eugène Cosserat.*

Il est donné lecture de ce décret.

M. le **Président** annonce la mort, survenue à Londres le 27 novembre 1931, de Sir **David Bruce**, Correspondant de l'Académie pour la Section de Médecine.

NÉCROLOGIE. — *Notice sur* Sir David Bruce, par M. **H. Vincent.**

Les travaux de Sir David Bruce, Correspondant de l'Académie et Membre du *Lister Institute*, ont une grande importance en pathologie humaine et animale. Membre du corps médical de l'armée britannique, il avait étudié, en 1887, alors qu'il était en garnison à Malte, une maladie singulière qui frappait simultanément les chèvres et les habitants de ce pays et amenait souvent leur mort. Connue sous le nom de Fièvre de Malte ou de Fièvre méditerranéenne, ou encore de Fièvre ondulante, cette maladie infectieuse règne, en réalité, dans un grand nombre de pays, chauds ou tempérés. Les régions riveraines de la Méditerranée lui donnent plus particulièrement asile, mais elle est observée aussi jusqu'en Amérique, dans l'Inde, en Chine, etc.. De nombreux cas en sont signalés en France.

C'est à Sir David Bruce que revient l'honneur d'avoir découvert l'agent pathogène de la Fièvre de Malte, le *Micrococcus melitensis.* Ses travaux ont reçu une universelle confirmation. Ils ont été le point de départ des études prophylactiques dirigées contre cette infection très dangereuse. Comme Président de la Commission de la Fièvre de Malte, il a participé aux progrès réalisés dans nos connaissances sur l'étiologie de cette maladie, en mettant en évidence le rôle des chèvres du pays et de leur lait consommé cru, dans la transmission de son germe. La contagion peut se faire directement aussi chez les éleveurs, le microbe existant non seulement dans le lait, mais encore dans le sang, les viscères, l'urine, etc., des animaux malades.

Ces travaux ont été le point de départ des recherches qui ont étendu les notions relatives aux autres modes de contagion et surtout aux autres animaux domestiques capables de transmettre le Micrococque de David Bruce.

Notre Confrère anglais, reprenant en Rhodésie les recherches de Kinghorn et Yorke sur le *Trypanosoma rhodesiense*, parasite des antilopes, a découvert un trypanosome semblable ou une espèce analogue dans l'épizootie connue sous le nom de *Nagana*. Le parasite siège dans le sang et surtout dans le liquide céphalo-rachidien des animaux infectés. Les recherches ultérieures ont montré que le *Trypanosoma Brucei* survit chez les animaux sauvages qui constituent ainsi des réservoirs de virus. La contagion se fait par un hôte intermédiaire, la *Glossina morsitans*.

On doit encore à Sir David Bruce des travaux d'un grand intérêt sur la Maladie du sommeil. Notre savant Confrère a pris une part importante dans les progrès accomplis en pathologie exotique. Sa mort est une grande perte pour la Science.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. le professeur **Richard Goldschmidt**, directeur de l'Institut de Biologie expérimentale de Berlin-Dahlem, qui assiste à la séance.

GÉODÉSIE. — *Opérations exécutées au terme sud de la base de Delambre, à Melun.* Note de M. **Georges Perrier**.

La célèbre chaîne méridienne exécutée de 1792 à 1798 entre Dunkerque et Barcelone, par Delambre et Méchain, en vue de la détermination du mètre, s'appuyait sur deux bases mesurées avec les règles de Borda : celle de Melun (11842^m) et celle de Perpignan (11706^m).

Cette chaîne méridienne constitue l'axe central de la triangulation de notre pays exécutée par les Ingénieurs-Géographes pour servir d'ossature à la carte au $\frac{1}{80000}$, dite carte d'État-Major. Mais, reconnue d'une précision insuffisante pour les besoins de la Science moderne, elle a été remplacée par une nouvelle chaîne dont la mesure a duré de 1870 à 1892 et qui est, à présent, l'axe central de la nouvelle triangulation française, en cours d'exécution.

La nouvelle chaîne s'appuie sur trois bases mesurées à l'appareil bimétallique Brunner, celle de Perpignan, à peu près identique à la base de Delambre, celle de Paris (7227^m), et celle de Cassel (7392^m).

La base de Paris, comprise entre le terme nord de Villejuif et le terme sud de Juvisy, est différente de la base de Melun mesurée par Delambre, comprise entre le terme nord de Lieusaint et le terme sud de Melun, car la reconnaissance du terrain situé entre ces deux termes a démontré en 1882 qu'il était impossible de mesurer à nouveau la base de Delambre avec un des appareils à règle alors en usage.

Néanmoins la base de Melun a été rattachée à la nouvelle triangulation française et ses deux termes constituent toujours des points de premier ordre de cette triangulation.

A titre de renseignement, disons ici que, pour cette base, il y a égalité absolue entre sa longueur mesurée par Delambre ($11842^m,150$) et sa longueur calculée en partant de la base de Paris dans la nouvelle triangulation du Service géographique de l'Armée.

Le terme sud de la base de Delambre est situé à l'entrée nord de la ville de Melun, au centre d'un rond-point, à l'angle des routes nationales

n° 5 et n° 5 *bis*, qui conduisent toutes deux à Paris. La route n° 5 est celle qui passe à Lieusaint et le long de laquelle la base de Delambre a été mesurée. Le terme nord de la base est situé à l'entrée sud du village de Lieusaint, sur l'accotement est de la route.

Delambre avait protégé les termes de sa base par deux monolithes, dépassant le sol d'environ 35cm (1).

En 1882, au moment des opérations exécutées pour le rattachement de la base de Melun à la nouvelle Méridienne de France, les deux termes ont été découverts. On trouve dans le Tome XII, première Partie, du *Mémorial du Dépôt général de la Guerre* (2), pages 170 à 175, le récit des opérations exécutées par MM. Bassot et Defforges, le 31 mai 1882, en présence d'une Commission déléguée par l'Académie des Sciences, composée de MM. d'Abbadie, Bréguet, Janssen, Lœwy, le Colonel François Perrier, l'Amiral Cloué et Émile Brunner.

Déjà à cette époque et depuis longtemps, le monolithe du terme sud de la base, placé, comme nous l'avons dit, au centre d'un rond-point, à l'intersection de plusieurs voies de communication, se confondait, même d'assez près, surtout la nuit, avec la chaussée et constituait un danger pour la circulation.

En 1871, la voiture du Général de Chanaleilles, rentrant à Melun de nuit, vint heurter contre une des quatre bornes qui entouraient le terme. La voiture fut brisée, un des chevaux tué. Le Général porta plainte à la ville; l'agent voyer ne parla de rien moins que de faire disparaître le terme, cette pierre inutile et gênante! Cependant, après enquête, on reconnut qu'il était la propriété de l'Académie des Sciences et se trouvait placé sous la garde du Service des Ponts et Chaussées. On voulut bien le respecter; mais pour prévenir les accidents ultérieurs, on décida d'éclairer le carrefour, et l'Administration, sans en référer à l'Académie, crut ingénieux de planter un bec

(1) Nous possédons une curieuse lettre non datée de Delambre, alors Secrétaire perpétuel pour les Sciences mathématiques de la Classe des Sciences physiques et mathématiques de l'Institut de France, à son Excellence le Ministre de l'Intérieur Comte de l'Empire, faisant ressortir l'urgence de construire des pyramides sur les termes des bases de Melun et de Perpignan.

Elle est insérée dans un précieux exemplaire de la *Base du Système métrique décimal*, ayant appartenu à Delambre, portant de nombreuses notes de sa main, légué par lui à l'astronome Mathieu et par les héritiers de celui-ci, Charles Mathieu et Mme Laugier au Général François Perrier.

(2) Paris, Imprimerie nationale, 1885.

de gaz sur le monolithe même. Fort heureusement, celui-ci ne fut pas autrement endommagé et le repère n'eut pas à souffrir de cette singulière opération. Le premier soin des opérateurs de 1882, en arrivant à Melun, fut de faire reporter ce bec de gaz sur la chaussée.

De nos jours la circulation est devenue de plus en plus intense sur les routes n° 5 et n° 5*bis*, et il convenait de prendre des mesures pour remédier au danger causé par la présence du monolithe, tout en respectant absolument le repère de Delambre.

A la suite d'une réclamation adressée, le 27 janvier 1931, par M. Houdart, Maire de Melun, à l'Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées du Département de Seine-et-Marne (M. Schwartz), une entente est intervenue entre l'Académie des Sciences, propriétaire du terme, le Service géographique de l'Armée et le Service des Ponts et Chaussées, pour supprimer la superstructure du terme et faire passer la circulation au-dessus de la dalle qui protège les deux repères de l'an VII et de 1882 (1), à condition que la nouvelle surface de protection assure une immobilité parfaite de ces repères.

Le Capitaine Rainoird, de la Section de Géodésie du Service géographique de l'Armée, a procédé, le 5 mars 1931, à une reconnaissance préalable, à la suite de laquelle un projet a été établi par l'Administration des Ponts et Chaussées (M. Schwartz, Ingénieur en chef; M. Issarte, Ingénieur ordinaire; M. Morin, Ingénieur des Travaux publics de l'État). Ce projet a été approuvé par l'Académie et l'exécution en a été confiée à M. Degrange, entrepreneur.

Le Capitaine Lockhart, du Service géographique de l'Armée, a surveillé l'exécution des travaux, en portant spécialement son attention sur la nécessité absolue de respecter les repères. Ceux-ci ont été découverts et retrouvés en parfait état. Une fosse a été construite, englobant le terme de Delambre; les parois de la fosse, sans toucher celui-ci, supportent un massif en ciment armé qui présente, au droit des repères, un regard en fonte.

Ce massif, de près de 4^{m} de côté et pesant environ 5 tonnes, a été d'abord établi à une certaine hauteur au-dessus de la chaussée, puis abaissé le 23 novembre dernier, de manière à cacher définitivement le terme. Un pavage sera établi au-dessus, exactement au niveau de la chaussée, de sorte que la circulation s'effectuera au centre du carrefour sans que les automo-

(1) Distants de $0^{m},1437$.

bilistes puissent, en passant au-dessus du terme de Delambre, soupçonner même sa présence.

L'opération du 23 novembre a été exécutée en présence de M. le Général Georges Perrier, délégué de l'Académie des Sciences, de M. Houdart, Maire de Melun, du Capitaine Lockhart et de MM. Issarte et Morin.

Un rapport plus détaillé, établi en commun par le Service des Ponts et Chaussées et le Service géographique de l'Armée, sera adressé à l'Académie pour être déposé dans ses Archives.

Le Général Perrier a profité de sa présence à Melun pour reconnaître l'état du terme nord de la base, à l'entrée sud du village de Lieusaint. Le monolithe qui le recouvre a été trouvé en parfait état de conservation. Situé sur l'accotement est de la route, il ne gêne en rien la circulation. La route était, récemment encore, bordée de chaque côté par deux lignes d'arbres qui n'existaient certainement pas du temps de Delambre. En raison de l'intensité de la circulation, le Service des Ponts et Chaussées procède en ce moment à son élargissement en faisant abattre les deux lignes intérieures. Toutefois on les conserve à l'entrée du village de Lieusaint, car les quatre lignes d'arbres de la route constituent une promenade très fréquentée par les habitants de ce village, surtout le dimanche.

Une nouvelle mesure de la base de Delambre se heurterait à deux difficultés :

1° La ligne d'arbres intérieure, à l'est de la route, qui subsistera à l'entrée du village de Lieusaint, est exactement sur l'alignement des deux termes.

2° Une dérivation de la route a été construite pour supprimer un passage à niveau et remplacer celui-ci par un passage au-dessus d'une ligne de chemin de fer.

Il est donc certain que de nos jours, comme on l'avait déjà reconnu en 1882, la base de Delambre ne serait plus mesurable avec un appareil à règle, mais peut-être le serait-elle encore avec un appareil moderne à fils.

GÉNÉTIQUE. — *Sur la dominance du caractère amylacé dans les hybrides de première génération de deux variétés de Pois* (Pisum sativum *L.*). Note de MM. **L. Blaringhem**, **M. Bridel** et Mlle **C. Bourdouil**.

Pour effectuer ces expériences d'hybridation, nous nous sommes adressés à deux variétés de Pois, *Pisum sativum* L. var. Le Délicieux (D) à graines ridées et vertes, et *P. sativum* L. var. Très hâtif d'Arras (A) à graines rondes et jaunes, différant surtout par l'aspect des graines corrélatif d'une différence de composition chimique des réserves, mise en évidence au cours d'un travail récent ([1]).

Les plantes, cultivées à la station Berthelot à Bellevue (Seine-et-Oise), ont fleuri en mai et juin 1931. Les castrations et les fécondations réciproques ont fourni environ 400g de graines mûres (F_1). On doit noter que les fruits normaux et les fruits résultant des fécondations croisées réciproques A × D et D × A ont mûri simultanément et sur les mêmes plantes.

Les hybrides A × D sont des graines rondes et jaunes identiques à celles de la mère; mais la combinaison D × A donne des pois jaunes marqués de vert sur des plages peu étendues et les enveloppes des graines offrent des dépressions qui en font un stade morphologique intermédiaire entre les parents.

Les analyses de ces graines ont été effectuées en utilisant la méthode biochimique à l'invertine et à l'émulsine de Bourquelot ([2]), et pour l'amidon, en utilisant l'action de la pancréatine.

Les résultats sont consignés dans le tableau suivant et se rapportent à 100g de graines de chaque combinaison :

Pisum sativum. Combinaison.	Nombre de graines dans 100g.	Substance sèche.	Déviation polarimétrique initiale.	Sucre réducteur initial.	Sucre réducteur après invertine.	Sucre réducteur après émulsine.	Amidon.
D × D...	252	84,0	+25°,8	0,15	8,37	14,42	19,8
A × A...	320	83,8	+12	0,00	3,20	7,56	34,6
D × A...	226	83,7	+11	0,00	4,18	7,92	37,2
A × D...	272	81,7	+ 8,6	0,00	2,80	6,70	35,1

([1]) M. Bridel et C. Bourdouïl, *Sur l'évolution des glucides au cours de la formation de la graine de deux variétés de Pois* (*Comptes rendus*, 193, 1931, p. 949).

([2]) Bourquelot, *Journ. Pharm. et Chim.*, 14, 1901, p. 481.

En ce qui concerne le caractère amylacé la dominance est complète. La teneur en amidon de l'hybride D × A confirme l'hypothèse émise précédemment [1] que le Pois ridé mûr (VI) est en état d'arrêt de condensation des glucides et à un stade d'équilibre de ces glucides où le Pois rond non mûr (stade 4) continue à produire de l'amidon. Cet arrêt est dû non pas à ce que la plante cesse de fournir à la graine un contingent de glucides suffisant pour fabriquer de l'amidon, mais bien à ce que la graine elle-même perd prématurément le pouvoir de faire la synthèse de cet amidon; il suffit en effet de l'intervention du pollen de la variété amylacée pour que cette synthèse, dans l'ovaire du pois ridé, atteigne et même dépasse le taux obtenu dans le pois amylacé.

D'autre part les modifications qu'entraînent les diverses combinaisons des pollens et des ovules des deux variétés ne sont pas entièrement équivalentes même dans les croisements réciproques. Les dimensions des parois des ovules jouent un rôle puisque, dans le cas où l'ovule est fourni par la variété ridée D, le poids moyen d'une graine est notablement plus élevé (44^{cg}) que lorsqu'il est fourni par la variété ronde A (36^{cg}).

Si l'on rapporte les teneurs en divers glucides au poids moyen d'une graine et non plus à 100^g de graines, les divergences des résultats fournis par les fécondations directes et croisées s'accusent comme le montre le tableau suivant où les poids sont exprimés en centigrammes :

Combinaison.	Poids moyen d'une graine.	Substance sèche.	Sucre réducteur (S. R.) initial.	Sucre réducteur (S. R.) après invertine.	Sucre réducteur (S. R.) après émulsine.	S. R. par action de l'invertine / S. R. par action de l'émulsine	Amidon.
D × D.......	39	33	0,06	3,3	5,7	1,3	7,8
A × A.......	31	26	0,00	1,0	2,3	0,7	10,8
D × A.......	44	37	0,00	1,8	3,5	1,1	16,4
A × D.......	36	30	0,00	1,0	2,4	0,7	12,9

Ainsi une graine D × A présente une teneur en amidon sensiblement plus forte que celle des autres séries. En réalité les parois de l'ovule du Pois ridé n'ont pas perdu, au cours de l'hybridation, leur faculté exceptionnelle de développement et à cause de cela la graine hybride D × A, où les glucides ont une tendance à se déposer à l'état d'amidon, a pu emmagasiner une quantité d'amidon notablement plus forte; cette interprétation se trouve confirmée par le fait qu'il existe aussi plus de glucides solubles

(1) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 950.

dans l'hybride à ovule D que dans l'hybride à ovule A, même pour des activités de condensation identiques.

On retrouve encore une conséquence de l'influence de l'ovule lorsqu'on examine le rapport entre le sucre réducteur fourni par l'invertine et le sucre réducteur fourni par l'émulsine. Ce rapport est de 1,1 pour l'hybride D × A (chiffre voisin de 1,3 pour D × D); il est de 0,7 pour l'hybride A × D (chiffre voisin de celui trouvé pour A × A); donc caractéristique de l'ovule.

En résumé, l'examen morphologique des hybrides de première génération du Pois rond var. Très hâtif d'Arras × Pois ridé var. Le Délicieux et de son réciproque trahissent des irrégularités apparentes à la règle de dominance de Mendel. Pour la forme, la première combinaison A × D donne des pois ronds identiques à ceux de la mère, et il en est de même pour la couleur jaune; mais la seconde combinaison D × A donne des pois jaunes marqués de vert sur des plages relativement peu étendues, et surtout, les enveloppes de la graine offrent des dépressions qui en font un stade morphologique, ni rond ni ridé, intermédiaire entre les parents.

D'autre part, si nous ne tenons compte que de l'état des glucides arrivés au maximum de condensation (amidon), la règle de Mendel est strictement vérifiée avec dominance du caractère amylacé. Nous avons en effet des proportions d'amidon 34,6; 37,2; 35,1 pour les combinaisons A × A, D × A et A × D, chiffres concordants, qui manifestent la dominance complète du caractère amylacé sur la teneur en amidon 19,8 du pois ridé D × D. Mais, si l'on rapporte les résultats à 1 graine, unité biologique, on voit que l'ovule intervient par sa capacité et que le caractère amylacé de l'hybride D × A est plus accentué en valeur absolue que le caractère amylacé de l'hybride A × D.

Ce qui est mal défini, c'est l'état « ridé », que l'on confond avec l'état « sucré ». Ce dernier qualitatif doit être interprété comme suit : le Pois dit sucré est un Pois qui se dessèche prématurément et à la phase où les proportions de substance sèche par rapport à l'eau sont comme 3 est à 7; le Pois amylacé n'est mûr qu'après une synthèse prolongée de l'amidon et à la phase où le taux de substance sèche par rapport à l'eau est comme 3 est à 3. Il y a en réalité dominance de l'accumulation prolongée d'amidon sur la particularité, que présente le pois ridé, de n'en fabriquer qu'une petite quantité. Les glucides solubles par contre traduisent des qualités propres aux ovules, c'est-à-dire la spécificité maternelle.

OPTIQUE. — *De l'invention du périscope*. Note de M. **Jean Rey**.

Les journaux anglais ont publié, au mois de septembre dernier, une Note reproduite dans les journaux français (voir le *Temps* et l'*Écho de Paris* du 18 septembre 1931) annonçant la mort de Sir Howard Grubb, l'inventeur du Périscope de sous-marin, à l'âge de 88 ans.

Or cette invention est entièrement française : il m'a paru utile de le rappeler.

Je crois être le premier qui ait combiné un appareil optique pour la vision des sous-marins. En 1890 le problème me fut posé et, en juillet 1891, la Marine française installait, sur le *Gymnote*, notre premier sous-marin, mon dispositif constitué par un tore en verre, à trois surfaces courbes, taillées et polies, permettant d'embrasser un champ de 360° et, par réflexion totale de produire, avec un système de lentilles placé sur le trajet du faisceau, une image redressée à la partie inférieure par un miroir à 45°, à la distance de 1050^{mm} du plan focal supérieur. L'ensemble était contenu dans un tube vertical que l'on pouvait déplacer dans son presse-étoupe, à l'aide d'un moteur électrique, de manière à le faire émerger hors du sous-marin.

A cette époque, aucune marine ne se préoccupait encore de construire des sous-marins et l'Angleterre moins que toute autre.

Mon appareil présentait plusieurs défauts que la pratique révéla bientôt : néanmoins, il était suffisant pour étudier le problème.

Sur le *Gustave-Zédé*, le second sous-marin de notre flotte, on employa un dispositif avec miroirs à 45°, placés aux deux extrémités du tube vertical du périscope.

Ce nouveau système avait été construit sur les indications des Commandants Daveluy et Violette, devenus Amiraux depuis lors.

La première réalisation d'un appareil donnant des images parfaitement correctes et suffisamment lumineuses, avec un champ suffisant, fut effectuée en 1897, par M. Jules Carpentier, notre ancien et éminent Confrère, sur la demande de M. Pollard, Ingénieur en chef du Génie maritime, et à l'aide d'un dispositif imaginé par M. Garnier, également Ingénieur du Génie maritime.

Le principe entièrement nouveau de ce périscope consistait dans l'emploi de deux lunettes astronomiques opposées bout à bout, les objectifs étant placés au milieu de l'appareil; deux prismes à 45° étaient fixés aux deux

extrémités du tube vertical où se trouvaient les oculaires et ramenaient l'axe optique de la direction verticale à la direction horizontale.

Le premier exemplaire donna des résultats si intéressants que la Marine décida l'application générale du système à la construction des périscopes de sous-marins.

M. Jules Carpentier modifia peu après le premier dispositif en remplaçant les deux objectifs par une seule lentille du type véhicule, pour transport symétrique.

Les sous-marins *Gymnote* et *Gustave-Zédé* furent munis de l'appareil Carpentier. Puis le *Morse*, le *Narval*, le *Français*, l'*Algérien*, les séries *Sirène* et *Naïade*, furent pourvus d'appareils entièrement calculés et construits par M. Carpentier.

La longueur de ces périscopes, mesurée entre les axes horizontaux des prismes, fut d'abord de $1^{m},50$ et portée, successivement, jusqu'à $5^{m},80$.

Le champ de vision était de 50° environ et le diamètre du tube passa de 60 à 90^{mm}.

Le grossissement était nul, les images observées à l'oculaire conservant des angles égaux à ceux de l'observation directe. Les difficultés mécaniques à vaincre étaient considérables. Il fallait une étanchéité absolue des joints extérieurs pour empêcher, non seulement la pénétration de l'eau de mer, mais pour maintenir, à l'intérieur de l'appareil, une atmosphère sèche ne donnant aucune condensation sur les surfaces optiques.

En 1904, M. Carpentier inventa l'appareil à deux diamètres comprenant, à la partie supérieure, un périscope court, à diamètre minimum, donnant un premier transport d'image. Pour augmenter la longueur, à la base du premier tube, était placé un autre tube et même un troisième, donnant jusqu'à deux et trois transports d'images, l'oculaire restant toujours à l'extrémité inférieure de l'appareil.

On arriva ainsi à des tubes de 100^{mm} de diamètre, avec un champ de 37°, et un diamètre de l'anneau oculaire de $2^{mm},6$.

En 1907 la Marine demanda la création d'un périscope court, à grande clarté, pour la surveillance nocturne. D'autres modèles furent créés depuis lors.

Aujourd'hui, les périscopes ont jusqu'à 11^{mm} de diamètre. La manœuvre de ces tubes, entièrement en acier parfaitement poli est facile, la clarté est maxima et les images sont corrigées de toutes les aberrations et dans toute l'étendue du champ.

On est arrivé à donner un grossissement sensible, qui a passé de 1,2 jusqu'à 6.

Enfin un levier spécial permet à l'observateur d'incliner le prisme de tête et d'observer le ciel jusqu'au zénith. Le vide est maintenu dans l'intérieur de l'appareil, pour éviter les condensations et les chutes de poussière.

Avec une abnégation qui n'étonnera pas ceux qui ont connu notre Confrère M. Carpentier, ce dernier n'a jamais voulu breveter ces appareils, ni faire aucune fourniture à l'étranger, malgré les nombreuses demandes qu'il a reçues. Aussi, sur la demande de notre Confrère l'amiral Fournier (il était à cette époque Membre du Conseil supérieur de la Marine), le Ministre accorda, en 1906, à M. Carpentier, la cravate de Commandeur de la Légion d'honneur.

La lettre de l'amiral Fournier est un des plus beaux titres de M. Carpentier à la reconnaissance de ses concitoyens.

L'exposé que je viens de faire suffit à montrer que l'invention du périscope est entièrement française. Pas plus en 1891 qu'en 1897, les Anglais ne se préoccupaient du périscope.

L'Amirauté anglaise dédaignait alors les sous-marins et elle faisait tous les efforts possibles pour discréditer ces bâtiments auprès des ingénieurs ou des constructeurs anglais.

L'attribution de l'invention du périscope à un anglais, sous la forme adoptée dans tous les pays à la suite de la France, est donc complètement erronée. Ce n'est pas d'ailleurs la première fois qu'une invention française est démarquée, et que les étrangers ne craignent pas de s'en attribuer la gloire.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur l'éclair en chapelet avec grains.* Note de M. E. Mathias.

1. Nous avons donné une théorie de ce phénomène (¹); il s'agit d'un éclair *multiple unique*, formé de n décharges successives suivant la même trajectoire. Les $(n-1)$ jaillissements préliminaires, d'intensité faible, sont grossièrement équidistants dans le temps, leur durée, très courte, de l'ordre

(¹) E. Mathias, *Comptes rendus*, 192. 1931, p. 653.

du dix-millième de seconde ou moindre. Alors la matière fulminante passe brusquement d'une température de 2500° environ à celle de son extinction; la tension superficielle, qui n'est appréciable qu'aux températures relativement basses, n'a pas le temps de se manifester, le jaillissement demeurant uniformément cylindrique de l'origine à l'extrémité de l'éclair fulgurant supposé sans ramifications.

Entre ces jaillissements préliminaires et le dernier se produit un *temps de repos* pendant lequel le nuage générateur de l'éclair se recharge assez pour donner une décharge *ultime* et *très forte*, qualifiée *décharge d'épuisement*. Beaucoup plus intense que les $(n-1)$ décharges préliminaires, elle dure davantage et change la forme jusque-là cylindrique du jet; la matière fulminante, supposée homogène, prend alors la forme d'une veine fluide s'écoulant dans l'air et présente une série de *ventres* et de *nœuds* équidistants montrant que la tension superficielle est apparue, donc qu'il y a eu refroidissement de la matière fulminante sans qu'elle disparût subitement. Cela exige que le *débit* du $n^{\text{ième}}$ jaillissement soit beaucoup plus fort que le débit moyen des jaillissements préliminaires. Le refroidissement, proportionnel à $\frac{2}{r}$, beaucoup plus rapide aux *nœuds* où le rayon r est petit, laisse alors les régions ventrales se détacher en forme de sphéroïdes (ou d'ovoïdes) incandescents distribués à des distances égales sur la trajectoire de l'*éclair en chapelet*.

L'explication sera satisfaisante si : 1° le diamètre du *filet* (quand il existe) est toujours une faible fraction du diamètre des grains; 2° elle donne la raison de la rareté relative de l'*éclair en chapelet* par rapport à l'éclair fulgurant, cependant que certains orages abondent en cette sorte de décharge.

Le diamètre du *filet* est celui de l'éclair fulgurant; il est de l'ordre de 3^{cm}. Quant aux grains du chapelet, supposés sphériques, leur diamètre est fréquemment 25, 50, 80^{cm}, la valeur moyenne étant 50^{cm}. Le rapport $\frac{1}{17}$ entre le filet et le diamètre des grains a bien la petitesse convenable pour notre interprétation.

D'autre part la singularité de la composition de l'éclair en chapelet (nombreuses décharges préliminaires, faibles et équidistantes, suivies après un temps de repos d'une dernière décharge très forte) explique sa rareté relative. Si la cause de cette bizarrerie est réalisée dans un orage, celui-ci peut abonder en éclairs en chapelet, tout au moins en décharges granulaires.

2. L'observation suivante, due à M. H. Galland, montre que la théorie précédente n'est pas assez générale.

« ...En 1927, je me trouvais à Ipanadiana, bourgade perdue dans la grande forêt de Madagascar, sur la route de Fianarantrou à Mananjary, à 600^{m} d'altitude. Il y a dans ces régions, au moment des pluies, des orages terribles provenant de la décharge des nuages venant de la mer, située à 100^{km} et qui se heurtent à la première falaise avant les hauts plateaux du Massif central.

» J'étais seul, à 7^{h} du soir, assis confortablement sous une vérandah, et attendant l'orage libérateur qui amènerait un peu de fraîcheur. Étant ainsi dans les meilleures conditions pour observer, j'ai vu un trait de feu partir d'un nuage et se diriger sur un arbre remarquable situé sur une colline sise à 800^{m} en face du point où j'étais. *Cet éclair a persisté quelques secondes et, glissant sur cet éclair comme les boules d'un compteur à boules, six globes de feu sont descendus lentement, à un certain intervalle les uns des autres.* Chaque fois qu'un globe arrivait à fin de course, *et une seconde et demie après* — temps nécessaire à la propagation du son — éclatait un bruit comparable à un coup de canon, très violent, mais très sec. *J'ai entendu ainsi six détonations à intervalles réguliers.* Puis tout s'est arrêté *et la tringle de feu sur laquelle glissaient ces boules a disparu sans émettre aucun bruit particulier.* »

Cette belle observation prouve que la *tringle de feu* (filet) sur laquelle glissaient les boules du boulier lumineux leur était à la fois antérieure et postérieure. La décharge intense qui, dans le paragraphe 1, apparaissait comme *décharge d'épuisement* (parce que décharge *ultime*) est ici précédée et suivie de jaillissements faibles, grossièrement équidistants, dont la persistance sur la rétine donne la tringle de feu inclinée du boulier lumineux. Comme dans l'éclair en chapelet de Leyde, si bien observé par W. de Haas, les *boules*, *éclatant comme des coups de canon*, devaient être de fort diamètre. L'intervalle de 1 seconde et demie, mis par le son à parcourir la distance de l'arbre à l'observateur, montre que celle-ci était de l'ordre de 520 *m* et non de 800 *m*, en supposant une température de 40° C.

3. Voici une observation inédite du Dr Lely, professeur de physique au Gymnase de La Haye.

« J'ai vu l'éclair en chapelet en septembre 1928, le soir. J'étais dans le train d'Utrecht à La Haye, près de Gouda. Il y avait un orage formidable.... Une pluie torrentielle tombait; les éclairs, tous fulgurants, se succédaient sans cesse. Soudain, *je vis un éclair très large, tout à fait vertical sans aucune ramification.* L'éclair était, au commencement, *sans aucun étranglement; subitement, sur toute sa longueur, des perles se formaient, de même grandeur, liées entre elles par un mince filet. Les*

perles étaient oblongues.... Le phénomène a duré quelques secondes.... Je pense qu'il y avait quelques centaines de gouttes. Le nuage d'où sortait l'éclair... flottait à un niveau de quelques centaines de mètres; le diamètre vertical des gouttes doit avoir été quelque chose comme un mètre; la dimension transversale quelque chose comme un demi-mètre.

» Le phénomène a beaucoup d'analogie avec un filet d'eau qui se sépare en gouttes, phénomène que j'ai précisément étudié...; la dimension de la goutte d'eau est déterminée par le cylindre d'eau générateur quand la tension superficielle est en cause. Alors, *les parties du cylindre qui se transforment en gouttes ont une longueur égale à la circonférence du cylindre.*

» Si R est le rayon du cylindre et ρ le rayon de la goutte, on a

$$\pi R^2 \times 2\pi R = 2\pi^2 R^3 = \frac{4}{3}\pi\rho^3, \qquad R = \rho\sqrt[3]{\frac{2}{3\pi}}.$$

» La distance de deux gouttes est

$$d = 2\pi R = 2\pi\rho\sqrt[3]{\frac{2}{3\pi}}, \qquad d = 3,75\rho.$$

» *Cela peut être vérifié sur les photographies.* »

Si la théorie précédente s'appliquait à l'éclair en chapelet, on aurait

$$\frac{d}{\rho} = 3,75 = \text{const.}$$

Cela paraît en contradiction avec l'observation car, dans l'éclair en chapelet de Leyde, on avait

$$d = 1,75 \quad \text{(diamètre du Soleil)}; \qquad \rho = \frac{1}{22} \quad \text{(diamètre du Soleil)},$$

$$\frac{d}{\rho} = 1,75 \times 22 = 38,5.$$

M. **Ch. Fabry** fait hommage à l'Académie d'un fascicule contenant le *Troisième Rapport* de la Commission instituée par le Conseil international des Recherches pour *l'étude des relations entre les phénomènes solaires et terrestres*. Le rapport de cette Commission sur une série de questions de grande importance est une œuvre collective internationale, à laquelle plusieurs savants français ont apporté une importante contribution.

M. **G. E. Hale** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé *Signals from the Stars*.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **L. Lapicque** est élu Membre du *Conseil national des Recherches scientifiques et industrielles et des inventions* en remplacement de M. *G. Kœnigs* décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Ch. Audebeau Bey. *Les eaux souterraines de l'Égypte.*

2° Henri Colin. *Les Diastases.* Tome I. *Les Hydrolases.* (Présenté par M. Molliard.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur une transformation des congruences isotropes.* Note (1) de M. **P. Vincensini.**

J'ai indiqué (2) une construction permettant de déduire, de toute congruence isotrope, une surface minima distincte de l'enveloppée moyenne. Je me propose de montrer, dans la Note actuelle, ce que je n'avais pas observé dans la précédente, que cette nouvelle surface minima est $\left(\text{à une homothétie de rapport } \frac{1}{2} \text{ près}\right)$ l'adjointe de l'enveloppée moyenne. En même temps j'indiquerai un procédé de transformation des congruences isotropes, très simple, et à ma connaissance nouveau, étroitement lié d'ailleurs à la déformation continue des surfaces minima.

On sait qu'à toute représentation isothermique de la sphère, on peut

(1) Séance du 30 novembre 1931.

(2) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 689.

faire correspondre une congruence isotrope par le procédé suivant : soit

$$d\sigma^2 = \lambda^2(du^2 + dv^2)$$

l'élément linéaire de la sphère (S) de centre O et de rayon 1.

Sur la tangente en M à (S) à la courbe $v =$ const., prenons $\overline{\text{MI}} = \lambda$. La perpendiculaire en I au plan tangent en M engendre une congruence isotrope ($\mathcal{C}$). Avec la courbe $u =$ const., on obtient une autre congruence isotrope, et les enveloppées moyennes des deux congruences sont deux surfaces minima *adjointes* (1).

Envisageons les trajectoires sous l'angle α des courbes (u) et (v); elles constituent elles aussi un système isotherme de (S).

L'élément linéaire relatif au nouveau système est

$$d\sigma^2 = \lambda_1^2(du_1^2 + dv_1^2),$$

où λ_1 a la même valeur que λ au point M.

Il résulte de là que, si l'on fait tourner chaque rayon de ($\mathcal{C}$) d'un angle constant arbitraire α autour de sa parallèle issue de O, *on transforme* ($\mathcal{C}$) *en une autre congruence isotrope*.

En faisant varier α, on obtient ∞^1 congruences ($\mathcal{C}_\alpha$) déduites de ($\mathcal{C}$). Toute congruence isotrope pouvant être déduite d'un système isotherme d'une sphère *quelconque*, on peut d'ailleurs considérer que le point O qui intervient dans la transformation ci-dessus est quelconque par rapport à ($\mathcal{C}$).

Un calcul simple donne pour la distance du point fixe O au plan central relatif à un rayon quelconque de ($\mathcal{C}_\alpha$) :

$$p = \frac{1}{\lambda}\frac{\partial\lambda}{\partial u}\cos\alpha + \frac{1}{\lambda}\frac{\partial\lambda}{\partial v}\sin\alpha,$$

et pour la distance $2id$ des foyers

$$2id = 2i\left(\frac{1}{\lambda}\frac{\partial\lambda}{\partial u}\sin\alpha + \frac{1}{\lambda}\frac{\partial\lambda}{\partial v}\cos\alpha\right).$$

On constate que l'expression de p pour $\left(\mathcal{C}_{\frac{\pi}{2}}\right)$ est la même que celle de d pour ($\mathcal{C}$). Cela établit, comme je l'ai annoncé plus haut, que l'enveloppe du plan perpendiculaire à OM, dont la distance à O est le demi-module du segment focal de ($\mathcal{C}$), est l'adjointe de l'enveloppée moyenne de ($\mathcal{C}$).

(1) Voir Clapier, *Sur les surfaces minima ou élassoïdes* (*Thèse*, 1919, p. 21).

Soient $(\mathcal{M}_\alpha)$ l'enveloppée moyenne de $(\mathcal{C}_\alpha)$, $(\mathcal{M})$ celle de $(\mathcal{C})$. Si p_1, p_2 et p sont les distances de O aux plans tangents aux adjointes $(\mathcal{M})$, $\left(\mathcal{M}_{\frac{\pi}{2}}\right)$ et à $(\mathcal{M}_\alpha)$, on a

$$p = p_1 \cos\alpha + p_2 \sin\alpha. \tag{1}$$

On déduit immédiatement de (1) que $(\mathcal{M}_\alpha)$ est une surface minima applicable sur $(\mathcal{M})$, *associée* à $(\mathcal{M})$, l'angle d'association étant α.

En résumé :

Étant donnés une congruence isotrope quelconque $(\mathcal{C})$ *et un point quelconque* O *de l'espace :*

1° *Si l'on fait tourner chaque rayon de* $(\mathcal{C})$ *de l'angle constant* α *autour de sa parallèle issue de* O, *on transforme* $(\mathcal{C})$ *en une autre congruence isotrope* $(\mathcal{C}_\alpha)$.

2° *Au cours de la transformation continue de* $(\mathcal{C})$ *en* $(\mathcal{C}_\alpha)$, *les enveloppées moyennes minima* $(\mathcal{M}_\alpha)$ *de* $(\mathcal{C}_\alpha)$ *donnent les* ∞^1 *surfaces minima associées à l'enveloppée moyenne* $(\mathcal{M})$ *de* $(\mathcal{C})$. *Pour* $\alpha = \frac{\pi}{2}$, *on a l'adjointe de* $(\mathcal{M})$.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les courbes quadratiques.* Note (1) de M. G. **Tzitzéica**, présentée par M. Élie Cartan.

1. J'ai donné ailleurs (2) une classification des courbes quadratiques. En généralisant un théorème de M. E. Cartan, j'ai réussi à pousser cette classification beaucoup plus loin.

Voici les deux parties de ce théorème général :

a. Étant donnée, dans un espace projectif à n dimensions, une courbe spéciale de $p^{\text{ième}}$ espèce, on peut choisir le paramètre qui définit un point arbitraire sur la courbe et le facteur par lequel on peut multiplier les coordonnées homogènes de ce point, de manière que l'on ait

$$(x, x) = 0, \quad (x', x') = 0, \quad \ldots, \quad [x^{(p)}, x^{(p)}] = 0,$$
$$[x^{(p+1)}, x^{(p+1)}] = 1, \quad [x^{(p+2)}, x^{(p+2)}] = 0,$$

où

$$(x, x) = x_1^2 + x_2^2 + \ldots + x_{n+1}^2$$

(1) Séance du 30 novembre 1931.

(2) *Introduction à la géométrie différentielle projective des courbes* (*Mémorial des Sciences mathématiques*, fasc. 47, 1931).

et

$$x^{(p)} = \frac{d^p x}{dt^p}.$$

Le paramètre initial t étant arbitraire, le paramètre θ qui répond à la question est déterminé par l'équation

$$\frac{\theta'''}{\theta'} - \frac{3}{2}\frac{\theta''^2}{\theta'^2} = \frac{3}{(p+1)(p+2)(2p+3)}[x^{(p+2)}, x^{(p+2)}];$$

il a donc le caractère projectif.

b. Quel que soit le paramètre projectif choisi, l'expression $[x^{(2p+3)}, x^{(2p+3)}]$ est un invariant relatif. Si cet invariant est nul, l'expression $[x^{(2p+4)}, x^{(2p+4)}]$ est aussi un invariant relatif, et ainsi de suite.

On peut donc classifier les courbes quadratiques à l'aide de ces invariants relatifs. On aura une première classe lorsqu'on a $[x^{(2p+3)}, x^{(2p+3)}] \neq 0$, une deuxième classe lorsque, l'invariant $[x^{(2p+3)}, x^{(2p+3)}]$ étant nul, on a

$$[x^{(2p+4)}, x^{(2p+4)}] \neq 0,$$

et ainsi de suite.

2. Les applications de ce théorème sont nombreuses et variées. Je me borne, pour le moment, à deux exemples particuliers dans deux ordres d'idées tout à fait différents.

Supposons $n = 5$, $p = 0$, c'est-à-dire les surfaces réglées non développables. On a les classes suivantes :

I. $(x''', x''') \neq 0$, ce sont les surfaces réglées générales;

II. $(x''', x''') = 0$, $(x^{\text{iv}}, x^{\text{iv}}) \neq 0$, ce sont les surfaces réglées à lignes flecnodales confondues;

III. $(x''', x''') = 0$, $(x^{\text{iv}}, x^{\text{iv}}) = 0$, ce sont les quadriques.

3. Prenons une courbe plane arbitraire C, décrite par le point $x(x_1, x_2, x_3)$, les x_i étant des fonctions d'un paramètre t. Posons

$$u_1 = \Delta^{-\frac{1}{3}}(x_2 x'_3 - x_3 x'_2), \qquad \Delta = \begin{vmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \\ x'_1 & x'_2 & x'_3 \\ x''_1 & x''_2 & x''_3 \end{vmatrix},$$

u_2 et u_3 ayant des expressions analogues; ce sont les coordonnées de la tangente à C en x, introduites par Study et Čech. Les u_i ne changent pas avec le paramètre et elles se reproduisent multipliées par le même facteur que les x_i. Les u_i et les x_i prises ensemble sont les coordonnées homogènes d'un point dans un espace à cinq dimensions. Comme on a

$$(ux) = u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3 = 0,$$

on a dans cet espace une courbe quadratique. On peut donc choisir le paramètre de manière que l'on ait

$$(ux) = 0, \qquad (u'x') = 1, \qquad (u''x'') = 0.$$

Il est aisé de voir que l'on a aussi

$$(u'''x''') = 0.$$

On peut considérer cette courbe quadratique comme l'image d'une surface réglée de notre espace. La dernière relation prouve que cette surface a ses lignes flecnodales confondues et il n'est pas difficile de montrer qu'elles sont identiques à la courbe C. On arrive par cette voie et en partant d'une courbe plane quelconque aux surfaces S réglées que j'avais étudiées, lorsque la courbe C est à l'infini.

On peut appliquer la même méthode pour étudier une courbe arbitraire dans un espace projectif quelconque. A ce sujet j'espère donner bientôt des résultats plus précis.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la détermination des surfaces minima périodiques.* Note (¹) de M. **F. Marty**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Une surface est dite *périodique* (²) s'il existe une translation non nulle qui l'amène en coïncidence avec elle-même. On sait qu'une surface minima est une surface de translation, les courbes génératrices étant minima. Or on a :

Lemme. — *Toute période d'une surface de translation est une somme de périodes des courbes génératrices.*

Soit alors à déterminer les courbes minima périodiques. Utilisons la représentation de Weierstrass :

$$x = \int_{u_0}^{u} (1 - u^2)\mathcal{F}(u)\,du,$$
$$y = \int_{u_0}^{u} i(1 + u^2)\mathcal{F}(u)\,du,$$
$$z = \int_{u_0}^{u} 2u\mathcal{F}(u)\,du.$$

(¹) Séance du 30 novembre 1931.

(²) Darboux, *Leçons sur la théorie des surfaces*, 1.

A deux points déduits l'un de l'autre par une translation qui n'altère pas la courbe correspond la même direction de tangente, donc la même valeur du paramètre u. Donc l'une au moins des trois intégrales x, y, z est non nulle sur un circuit fermé : *la fonction $\mathcal{F}$ doit présenter des singularités*, et les périodes des courbes minima ne peuvent provenir que de périodes au sens de la théorie ordinaire de l'intégration.

La fonction $\int \mathcal{F}(u)\,du$ peut d'ailleurs ne pas présenter de périodes [on peut faire par exemple $\mathcal{F}(u) = u^{-2}$]. On constate aussi que la fonction $f(u)$, dont la fonction $\mathcal{F}(u)$ est la dérivée troisième et qui permet de définir sans quadratures une courbe minima, est telle que deux de ses déterminations diffèrent par un polynome du second degré en u.

2. Étudions les associées d'une surface minima périodique réelle. Soient

$$x = a_1 + ib_1, \qquad y = a_2 + ib_2, \qquad z = a_3 + ib_3$$

les projections d'une période de la première courbe minima génératrice. La deuxième courbe minima génératrice admet la période conjuguée, et la surface étudiée admet la période réelle $2a_1, 2a_2, 2a_3$.

Pour passer de la surface minima à une de ses associées, il faut multiplier les coordonnées des deux courbes minima génératrices par $e^{i\theta}$ (θ réel) et $e^{-i\theta}$, respectivement. On en tire de suite que l'associée possède une période égale à

$$x = 2(a_1 \cos\theta - b_1 \sin\theta), \qquad y = 2(a_2 \cos\theta - b_2 \sin\theta), \qquad z = 2(a_3 \cos\theta - b_3 \sin\theta).$$

D'où l'énoncé :

THÉORÈME. — *Si une surface minima est périodique, toutes ses associées sont périodiques. A deux points séparés par une période réelle correspondent toujours deux points séparés par une période réelle. L'hodographe des périodes est alors une ellipse, qui ne passe par le centre que si les trois projections de la période de la courbe minima génératrice ont le même argument.*

Si la période réelle peut s'annuler, la surface réelle S_0 correspondante va présenter un tube, sur lequel il y aura un circuit fermé ne se réduisant pas à zéro par une déformation continue. Car le circuit fermé qui sur S_0 correspond à l'arc joignant sur une associée deux points séparés par une période a une longueur supérieure à cette période. C'est par exemple le cas de la caténoïde (associée à l'hélicoïde).

ANALYSE MATHÉMATIQUE — *Sur la condition nécessaire et suffisante pour l'univalence d'une fonction holomorphe dans un cercle.* Note (1) de M. **Georges Calugaréano.**

On a donné jusqu'à présent quelques conditions, les unes nécessaires et les autres suffisantes, pour l'univalence d'une fonction

$$f(z) = a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + \ldots \tag{1}$$

dans un cercle où elle est holomorphe; nous donnons plus bas la condition à la fois nécessaire et suffisante.

1. Supposons que $f(z)$ soit holomorphe dans un cercle Γ de rayon R, et soit univalente dans un cercle concentrique Γ_ρ de rayon R_ρ, appelé *cercle d'univalence. Il est nécessaire et suffisant, pour que cela soit vrai, que* $a_1 \neq 0$ *et que la fonction*

$$\psi(u, v) = \log\left[\frac{f(u) - f(v)}{u - v}\right] \tag{2}$$

soit holomorphe dans le cercle Γ_ρ (lorsque $|u| < R_\rho$, $|v| < R_\rho$). En effet :

a. Si $f(z)$ est univalente dans Γ_ρ, l'expression sous le signe log ne saurait être nulle dans Γ_ρ, pas même lorsque $u = v$, car $f'(z) \neq 0$ pour $|z| < R_\rho$, en vertu de l'univalence (2) de $f(z)$. La fonction $f(z)$ étant holomorphe dans Γ_ρ, il ne peut pas y avoir d'autre singularité pour $\psi(u, v)$ dans Γ_ρ.

b. Si $\psi(u, v)$ est holomorphe dans Γ_ρ, l'expression sous le signe log ne saurait être nulle dans Γ_ρ, donc $f(u) \neq f(v)$ lorsque $u \neq v$, ce qui prouve que $f(z)$ est univalente dans Γ_ρ.

2. De cette proposition nous allons déduire la condition nécessaire et suffisante pour les a_n ou, ce qui revient au même, la détermination du rayon d'univalence R_ρ en fonction des a_n. On a

$$f(u) - f(v) = (u - v)[a_1 + a_2(u + v) + a_3(u^2 + uv + v^2) + a_4(u^3 + u^2 v + uv^2 + v^3) + \ldots];$$

donc

$$\psi(u, v) = \log[a_1 + a_2(u + v) + a_3(u^2 + uv + v^2) + \ldots] \tag{3}$$

$$= \log a_1 + (\alpha_{10} u + \alpha_{01} v) + \alpha_{20} u^2 + \alpha_{11} uv + \alpha_{02} v^2) + \ldots. \tag{3'}$$

(1) Séance du 30 novembre 1931.

(2) Voir D. Pompeiu, *Sur une propriété des fonctions holomorphes* (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 794). Remarquons que l'auteur remplace, dans cette Note, le terme *univalente* par *monotone*.

Le développement du logarithme suivant les puissances de u et v peut être fait par analogie avec certains résultats obtenus pour le cas d'une seule variable [1]; on aura $\alpha_{p,q}=\alpha_{q,p}$ dans (3'). Nous n'entrerons pas ici dans les détails de ce calcul, nous contentant d'indiquer que les $\alpha_{p,q}$ s'expriment à l'aide de certains déterminants formés avec les a_n.

3. La série (3') doit être convergente pour $|u|<R_v$ et $|v|<R_v$. Nous appellerons *rayon principal de convergence* d'une série double telle que (3') la plus grande valeur de r, soit r_P, telle que (3') converge pour $|u|<r_P$, $|v|<r_P$. On aura donc $R_v=r_P$.

Remarquons que, si (3') converge pour $u=u_0$, $v=v_0$, elle converge absolument pour $|u|<|u_0|$, $|v|<|v_0|$. On a en effet

$$|\alpha_{p,q}u_0^p v_0^q|<M;\qquad \alpha_{p,q}u^p v^q=\alpha_{p,q}u_0^p v_0^q\left(\frac{u}{u^0}\right)^p\left(\frac{v}{v_0}\right)^q,$$

car les termes d'une série convergente sont bornés. Ceci montre que

$$\sum|\alpha_{p,q}u^p v^q|<M\sum\left|\frac{u}{u_0}\right|^p\left|\frac{v}{v_0}\right|^q.$$

Considérons maintenant

$$(4)\qquad \psi_1(r,r)=|\alpha_{00}|+(|\alpha_{10}|+|\alpha_{01}|)r+(|\alpha_{20}|+|\alpha_{11}|+\alpha_{02}|)r^2+\ldots.$$

Si (4) converge, il en est de même de (3') pour $|u|<r$, $|v|<r$, ses termes étant respectivement inférieurs en module aux termes de (4).

Si (3') converge pour $u=\rho e^{i\theta}$, $v=\rho e^{i\sigma}$, il en est de même, d'après notre remarque préliminaire, de la série (4) pour $r=\rho-\varepsilon$, aussi petit que soit $\varepsilon>0$. Il en résulte que le rayon principal de convergence r_P n'est autre que le rayon de convergence de (4). On a donc, comme $r_P=R_v$,

$$(5)\qquad \frac{1}{R_v}=\overline{\lim_{n\to\infty}}\sqrt[n]{|\alpha_{n,0}|+|\alpha_{n-1,1}|+\ldots+|\alpha_{1,n-1}|+|\alpha_{0,n}|}.$$

Cette expression nous donne le rayon d'univalence de $f(z)$ en fonction des a_n; il reste à voir si, peut-être, sa complexité n'est qu'apparente, et si des conditions plus simples ne peuvent s'en déduire [2].

---

[1] Voir J. Kampé de Fériet, *Sur le développement du logarithme d'une fonction* (*Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, 48, 1928, p. 26).

[2] Nous montrerons, dans un Mémoire qui paraîtra prochainement, que l'on peut établir, par une voie différente et moins simple, une infinité de conditions nécessaires et suffisantes pour l'univalence de $f(z)$. Elles sont probablement contenues dans (5).

Il est donc nécessaire et suffisant, pour qu'une fonction holomorphe dans le cercle-unité soit univalente dans ce cercle, d'avoir

$$\overline{\lim_{n\to\infty}}\sqrt[n]{|\alpha_{n,0}|+|\alpha_{n-1,1}|+\ldots+|\alpha_{1,n-1}|+|\alpha_{0,n}|}\leqq 1.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions harmoniques et sous-harmoniques d'ordre p.* Note de M. **Miron Nicolesco**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soit $u(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ une fonction du point $P(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ de l'espace à n dimensions. Posons, comme d'habitude,

$$\Delta^0 = 1, \qquad \Delta^1 = \Delta = \sum_{i=1}^{n}\frac{\partial^2}{\partial x_i^2}, \qquad \Delta^p = \Delta(\Delta^{p-1}) \qquad (p = 2, 3, \ldots).$$

Nous introduirons la suite des moyennes $\mu_0(u;\rho)$, $\mu_1(u;\rho)$, ..., définie par la relation de récurrence

$$\mu_p(u;\rho) = \frac{n}{\rho^n}\int_0^\rho \rho^{n-1}\mu_{p-1}(u;\rho)\,d\rho \qquad (p = 1, 2, \ldots),$$

où $\mu_0(u;\rho)$ est la moyenne périphérique de $u(P)$ dans une hypersphère de centre P et de rayon ρ. Désignons par $V\left(1, \frac{n}{n+2}, \ldots, \frac{n}{n+2p-2}\right)$ le déterminant de Vandermonde de quantités écrites entre parenthèses et posons aussi

$$V\left(\mu, \frac{n}{n+2}, \ldots, \frac{n}{n+2p-2}\right) = \begin{vmatrix} \mu_0 & 1 & \ldots & 1 \\ \mu_1 & \frac{n}{n+2} & \ldots & \frac{n}{n+2p-2} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \mu_{p-1} & \frac{n^{p-1}}{(n+2)^{p-1}} & \ldots & \frac{n^{p-1}}{(n+2p-2)^{p-1}} \end{vmatrix}.$$

Nous dirons qu'une fonction $u(x_1, x_2, \ldots, x_n)$, sommable dans un domaine D de l'espace à n dimensions, est *sous-harmonique d'ordre p* dans ce domaine, si, à tout point P de D, on peut faire correspondre un nombre positif ρ_P tel que l'on ait

$$(1) \qquad u(P) \leqq \frac{V\left(\mu, \frac{n}{n+2}, \ldots, \frac{n}{n+2p-2}\right)}{V\left(1, \frac{n}{n+2}, \ldots, \frac{n}{n+2p-2}\right)},$$

pour $\rho < \rho_p$. Si l'inégalité contraire a lieu, la fonction sera appelée *sur-harmonique d'ordre p*. On peut démontrer le théorème suivant :

Si la fonction $u(P)$, *sous-harmonique d'ordre p dans le domaine* D, *possède des dérivées partielles continues jusqu'à l'ordre* $2p$ *inclusivement, on aura dans ce domaine*

$$(-1)^p \Delta^p u \leqq 0. \tag{2}$$

Réciproquement, l'inégalité (2) *entraîne l'inégalité* (1).

2. Appelons cylindre circulaire vertical dans l'espace (x, y, z), tout cylindre circulaire de génératrices parallèles à l'axe des z. Le cylindre sera supposé limité par deux sections droites et le milieu du segment joignant les centres des deux cercles de base sera appelé centre du cylindre. On entendra par *moyenne* d'une fonction $u(x, y, z)$ dans ce cylindre l'une quelconque des quantités suivantes : moyenne des valeurs de $u(x, y, z)$: 1° sur les deux circonférences de base ; 2° sur la surface latérale du cylindre ; 3° sur les deux cercles de base ; 4° dans tout le cylindre. On a alors les théorèmes suivants :

I. *Si une fonction* $u(x, y, z)$, *sommable dans un domaine* D, *est invariante, en chaque point* (x, y, z) *de ce domaine, par médiation dans tout cylindre circulaire vertical, de centre* (x, y, z) *et intérieur à* D, *cette fonction est nécessairement de la forme*

$$u(x, y, z) = h(x, y)z + k(x, y),$$

où $h(x, y)$ *et* $k(x, y)$ *sont harmoniques.*

II. *Si la moyenne d'une fonction* $u(x, y, z)$, *admettant des dérivées partielles jusqu'à l'ordre* $2p-2$, *dans un cylindre vertical de rayon* ρ *et de hauteur* $2\rho'$ *est, en chaque point, un polynome de degré* $2p-2$ *en* ρ *et* ρ' ; *la fonction* $u(x, y, z)$ *est nécessairement de la forme*

$$u(x, y, z) = \sum_{i=1}^{p} [h_i(x, y)z + k_i(x, y)] z^{2(p-i)},$$

où $h_i(x, y)$ *et* $k_i(x, y)$ *sont des fonctions harmoniques d'ordre* i, *arbitraires.*

Les réciproques de ces deux théorèmes sont exactes.

III. *Supposons que les valeurs d'une fonction* $u(x, y, z)$, *continue dans un domaine* D, *coïncident, sur la frontière de ce domaine, avec les valeurs d'une fonction* $U(x, y, z)$ *de la forme*

$$U(x, y, z) = h(x, y)z + k(x, y),$$

où $h(x, y)$ et $k(x, y)$ sont harmoniques. Si la valeur de $u(x, y, z)$ est, en chaque point intérieur, égale à la moyenne des valeurs dans un SEUL *cylindre circulaire vertical centré en ce point, les fonctions u et U coïncident dans tout le domaine D.*

Toutes ces propositions s'étendent à l'espace à n dimensions.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques équations aux dérivées partielles.* Note [1] de M. **Jacques Devisme**, présentée par M. Élie Cartan.

Prenons encore le cas particulier de l'équation $\Delta_3 U = 0$ [2], et posons, en utilisant les notations de M. P. Humbert,

$$\Delta_3 U = \frac{\partial^3 U}{\partial x^3} + \frac{\partial^3 U}{\partial y^3} + \frac{\partial^3 U}{\partial z^3} - \frac{3\,\partial^3 U}{\partial x\,\partial y\,\partial z},$$

$$p = x^3 + y^3 + z^3 - 3xyz,$$

$$ds^3 = dx^3 + dy^3 + dz^3 - 3\,dx\,dy\,dz.$$

On montre facilement que le changement de variables le plus général

$$X = X(x, y, z), \qquad Y = Y(x, y, z), \qquad Z = Z(x, y, z),$$

tel que l'on ait

$$dS^3 = dX^3 + dY^3 + dZ^3 - 3\,dX\,dY\,dZ = \lambda(x, y, z)\,ds^3,$$

est solution de l'un des systèmes

$$\text{I}\left\{\begin{aligned} &\frac{\partial X}{\partial x} = \frac{\partial Y}{\partial y} = \frac{\partial Z}{\partial z},\\ &\frac{\partial X}{\partial y} = \frac{\partial Y}{\partial z} = \frac{\partial Z}{\partial x},\\ &\frac{\partial X}{\partial z} = \frac{\partial Y}{\partial x} = \frac{\partial Z}{\partial y}, \end{aligned}\right. \qquad \text{II}\left\{\begin{aligned} &\frac{\partial X}{\partial x} = \frac{\partial Z}{\partial y} = \frac{\partial Y}{\partial z},\\ &\frac{\partial X}{\partial y} = \frac{\partial Z}{\partial z} = \frac{\partial Y}{\partial x},\\ &\frac{\partial X}{\partial z} = \frac{\partial Z}{\partial x} = \frac{\partial Y}{\partial y} \end{aligned}\right.$$

(ou de l'un de ceux que l'on obtient en multipliant les colonnes respectivement par $1, j, j^2$ ou $1, j^2, j$) et réciproquement.

On a, en même temps, les relations

$$\mathop{\mathbf{S}} dX[\delta X^2 - \delta Y\,\delta Z] = \lambda(x, y, z) \mathop{\mathbf{S}} dx[\delta x^2 - \delta y\,\delta z],$$

$$\mathop{\mathbf{S}} dX[2\,\delta X\,\mathfrak{d}X - \delta Y\,\mathfrak{d}Y - \delta Z\,\mathfrak{d}Y] = \lambda(x, y, z) \mathop{\mathbf{S}} dx[2\,\delta x\,\mathfrak{d}x - \delta y\,\mathfrak{d}z - \delta z\,\mathfrak{d}y],$$

---

(1) Séance du 30 novembre 1931.

(2) Nous reprenons nos notations des précédentes Notes (*Comptes rendus*, 193, 1931, p. 825 et 981).

avec

$$\lambda(x, y, z) = \left(\frac{\partial X}{\partial x}\right)^3 + \left(\frac{\partial X}{\partial y}\right)^3 + \left(\frac{\partial X}{\partial z}\right)^3 - 3\frac{\partial X}{\partial x}\frac{\partial X}{\partial y}\frac{\partial X}{\partial z}.$$

On trouve d'autre part que [1]

$$\frac{\partial^3 U}{\partial X^3} + \frac{\partial^3 U}{\partial Y^3} + \frac{\partial^3 U}{\partial Z^3} - \frac{3\partial^3 U}{\partial X\,\partial Y\,\partial Z} = \frac{1}{\lambda(x, y, z)}\left[\frac{\partial^3 U}{\partial x^3} + \frac{\partial^3 U}{\partial y^3} + \frac{\partial^3 U}{\partial z^3} - \frac{3\partial^3 U}{\partial x\,\partial y\,\partial z}\right].$$

On déduit facilement de tout cela que les fonctions $U(x, y, z)$ et $V(x, y, z) = U(X, Y, Z)$ sont en même temps intégrales de l'équation $\Delta_3 U = 0$ et que tout monome en X, Y, Z de degré inférieur ou égal à 3 et ne figurant pas parmi les monomes constituant p est une intégrale de l'équation considérée. Ces résultats généralisent ceux obtenus d'autre part par M. D. V. Jonesco et par moi-même [2].

Remarques. — I. Le système I déjà considéré par Appell (*Comptes rendus*, 84, 1877, p. 540) peut être obtenu en généralisant le raisonnement de Cauchy sur les fonctions analytiques, à condition d'identifier les termes en j, j^2 et $j^3 = 1$ séparément. Il reparaît dans certains problèmes relatifs aux invariants intégraux (cf. Th. De Donder, *Théorie des Invariants intégraux*, système 66, où l'on fait $\nu = 3$).

II. Les changements de variables trouvés généralisent les transformations conformes. En étendant les résultats déjà énoncés par Appell (*loc. cit.*), on voit que les surfaces $X = \text{const.}$, $Y = \text{const.}$, $Z = \text{const.}$ forment un système tel qu'en chaque point le trièdre des plans tangents ait ses arêtes également inclinées sur la parallèle à la droite $x = y = z$ passant par son sommet. La même propriété appartient aux familles de surfaces $\rho = \text{const.}$, $\theta = \text{const.}$, $\varphi = \text{const.}$ (où ρ, θ, φ généralisent les fonctions module et argument).

Cette dernière remarque incite à faire le changement de variables

$$x = \rho P(\theta, \varphi), \qquad y = \rho Q(\theta, \varphi), \qquad z = \rho R(\theta, \varphi),$$

où P, Q, R sont les fonctions d'Appell. Un calcul simple nous fournit

$$ds^3 = d\rho^3 + \rho^3 d\theta^3 + \rho^3 d\varphi^3 - 3\rho^2 d\rho\, d\theta\, d\varphi,$$

---

[1] M. P. Humbert m'avait précédemment communiqué ce résultat pour le système I.

[2] Cf. M. D. V. Jonesco, *Sur une équation aux dérivées partielles du troisième ordre* (*Société mathématique de France*, 58, 1930, p. 224), ainsi que ma communication à la même Société, séance du 24 juin 1931, prochain fascicule à paraître.

formule qui généralise visiblement l'expression du ds^2 plan en coordonnées polaires.

III. Parmi les diverses transformations considérées, celle étudiée par M. D. V. Jonesco (*loc. cit.*),

$$X=\frac{k(x^2-yz)}{p}, \qquad Y=\frac{k(y^2-zx)}{p}, \qquad Z=\frac{k(z^2-xy)}{p},$$

généralise plus particulièrement l'inversion. Dans ce cas le facteur $\lambda(x, y, z)$ est égal à $-\frac{k^2}{p^2}$. Si $M(X, Y, Z)$, $m(x, y, z)$ sont les points figuratifs, on trouve que, lorsque m décrit la surface σ d'équation $p=c$, M décrit la surface Σ d'équation $p=\frac{k}{c}$ et que d'une façon générale $\overrightarrow{OM}.\overrightarrow{Om}=k$.

Si m décrit une asymptotique de la surface σ, M décrit aussi une asymptotique de la surface Σ.

Signalons aussi que OM est parallèle à la normale en m à la surface σ et que Om est la seconde polaire du plan tangent en m par rapport au cône $ds^3=0$ ayant ce point pour sommet.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Application de quelques théorèmes d'inversion à la sommabilité exponentielle.* Note [1] de M. J. Karamata, présentée par M. Émile Borel.

La série $s_n=\sum_{\nu=0}^{n} u_\nu$ est dite sommable-B, avec la somme généralisée s, toutes les fois que $s(t)$ est une fonction entière et que

$$(1) \qquad e^{-t}s(t)=e^{-t}\sum_{\nu=0}^{\infty}\frac{s_\nu}{\nu!}t^\nu \to s = \mathrm{B}-\sum_{\nu=0}^{\infty}u_\nu,$$

lorsque $t\to\infty$.

M. Borel, dans ses *Leçons sur les séries divergentes* (Paris, 1928), exprime cette méthode de sommabilité par la formule intégrale suivante :

$$\mathrm{B}-\sum_{\nu=0}^{\infty}u_\nu=\int_0^\infty e^{-t}u(t)\,dt \qquad \text{(intégrale de Borel)},$$

(1) Séance du 23 novembre 1931.

$u(t)$ étant la fonction entière $\sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{u_\nu}{\nu!} t^\nu$, associée à la série $\sum_{\nu=0}^{\infty} u_\nu$. Dans ce même ouvrage il montre que (1) entraîne toujours

$$(2) \qquad \lim_{T=\infty} \int_0^T e^{-t} u(t)\, dt = s,$$

et que, inversement, de (2) il ne résulte (1) que lorsque

$$(3) \qquad e^{-t} u(t) \to 0 \quad \text{avec} \quad 1/t \quad (^1).$$

Quoique cette condition (3) soit nécessaire et suffisante pour que la sommabilité par l'intégrale de Borel entraîne la sommabilité B, on peut néanmoins la remplacer par une plus générale permettant, en particulier, d'en tirer d'autres conditions se rapportant directement aux termes de la série considérée. Ces conditions résultent du théorème suivant [2] :

$f(t)$ étant continu dans $(0, \infty)$, de l'existence de l'intégrale

$$\int_0^T f(t)\, dt \to s, \qquad T \to \infty,$$

il résulte que

$$f(t) \to 0, \qquad t \to \infty$$

toutes les fois que

$$\varliminf_{t=\infty} \{ f(t') - f(t) \} \geqq -w(h) \to 0 \qquad (\textit{avec } h, \textit{ pour tout } t' \textit{ tel que } t \leqq t' \leqq t+h).$$

(En particulier, si $f(t)$ possède une dérivée, on en tire la condition

$$c f(t) + f'(t) \geqq -M,$$

c et M_0 étant indépendants de t.)

En y posant $f(t) = e^{-t} u(t)$, l'on conclut que (2) entraîne (3) toutes les fois que $u(t)$ satisfait à la condition suivante :

$$(4) \qquad \varliminf_{t=\infty} \{ e^{-t'} u(t') - e^{-t} u(t) \} \geqq -w(h) \to 0 \qquad (\textit{avec } h \textit{ et pour tout } t \leqq t' \leqq t+h).$$

---

(1) Voir à ce sujet la première édition (1901) de l'ouvrage cité plus haut, G. H. HARDY, *The quarterly Journ. of Math.*, 35, 1903, p. 22-26 et O. PERRON, *Mathematische Zeitschrift*, 6, 1920, p. 158-160.

(2) La démonstration de ce théorème paraîtra dans un autre Recueil. Ce même théorème est d'ailleurs en partie une généralisation d'une proposition due à M. E. Landau (*Neuere Ergebnisse der Funktionentheorie*, 1929), mais écrite sous une autre forme.

De cette condition, qui contient la condition (3) mais n'y est pas contenue, on en tire les conditions suivantes, de plus en plus particulières :

$$C\,u(t)+u'(t)\geqq -M e^{t}\quad (\textit{pour tout } t)\,;\qquad C\,u_{n-1}+u_n\geqq -M\quad (\textit{pour tout } n, M>0)\,;$$
$$u_n\geqq -M,\qquad u_n-u_{n-1}\geqq -M\qquad (\textit{pour tout } n,\ M>0).$$

On peut encore remplacer la condition (4) par la suivante :

$$(5)\quad \varliminf_{t=\infty} e^{-t}\{u(t')-u(t)\}\geqq -\varpi(h)\to 0\qquad (\textit{avec } h \textit{ et pour tout } t\leqq t'\leqq t+h),$$

qui se déduit du théorème suivant [1] :

$f(t)$ et $a(t)$ étant continus dans $(0, \infty)$, $a(t)$ étant en outre non décroissant et tel que $a(t)\to\infty$, avec t; alors, de la relation

$$\int_0^{T} f(t)\,d\{a(t)\}\sim s\,a(T),\qquad T\to\infty,$$

il résulte que

$$f(t)\to s,\qquad t\to\infty$$

toutes les fois que la fonction $f(t)$ satisfait à la condition

$$(6)\quad \varliminf_{t=\infty}\{f(t')-f(t)\}\geqq -\varpi(h)\to 0\qquad [\textit{avec } h \textit{ et pour tout } t\leqq t'\leqq T(h, t)],$$

où $T(h, t)=T$ est donné par la relation

$$a(T)=(1+h)\,a(t),\qquad h>0.$$

Car, en y posant

$$a(t)=e^{t},\qquad f(t)=I(t)=u(0)+\int_0^{t} e^{-\tau}u'(\tau)\,d\tau,$$

et en l'appliquant à la relation (2) mise sous la forme

$$e^{t}I(t)\,dt\sim s\,e^{T},\qquad T\to\infty,$$

on en tire, moyennant la relation

$$e^{-t}u(t)=I(t)-\int_0^{t} e^{-\tau}u(\tau)\,d\tau,$$

que $e^{-t}u(t)\to 0$ toutes les fois que la fonction $I(t)$ satisfait à la condition (6),

---

[1] La démonstration de ce théorème paraîtra dans un autre Recueil, où j'ai exposé un théorème plus général contenant complètement la proposition citée de M. E. Landau.

qui est dans ce cas de la forme

$$\lim_{t=\infty} \int_t^{t'} e^{-\tau} u'(\tau)\, d\tau \geqq -\varpi(h) \to 0 \qquad (\textit{avec } h \textit{ et pour tout } t \leqq t' \leqq t+h),$$

et se réduit à (5) par l'application du second théorème de la moyenne.

Remarquons enfin que les mêmes conditions se présentent lorsqu'on veut conclure la sommabilité de $\sum_{\nu=1}^{\infty} u_\nu$ de celle de $\sum_{\nu=0}^{\infty} u_\nu$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la convergence de la série conjuguée d'une série de Fourier.* Note de M. **B. N. Prasad**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soit

$$(1.1) \qquad \sum_{n=1}^{\infty} (b_n \cos nx - a_n \sin nx)$$

la série conjuguée de la série de Fourier

$$(1.2) \qquad \frac{1}{2} a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx)$$

associée à la fonction $f(x)$ intégrable (L) et périodique. La fonction conjuguée associée avec la série (1.1) est

$$(1.3) \qquad g(x) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} \{ f(x+t) - f(x-t) \} \cot \frac{1}{2} t \, dt,$$

dans laquelle l'intégrale est une intégrale généralisée au sens de Cauchy. La manière classique de traiter le problème de la convergence ou généralement de la sommabilité $(c, 1)$ de la série conjuguée a été de prendre $g(x)$ *a priori* comme la fonction-somme et ensuite d'imposer des conditions convenables et additionnelles pour assurer la convergence et la sommabilité [1]. Une telle sorte d'investigation de la série cesse d'être applicable en un point de non-existence de l'intégrale $g(x)$. Je formule comme une fonction conjuguée

---

[1] Cf. A. Pringsheim, *Müchner Sitzungsberichte*, 30, 1900, p. 37-100 (79-100). W.-H. Young, *ibid.*, 41, 1911, p. 361-371; *Proc. London Math. Soc.*, (2), 10, 1912, p. 254-272.

généralisée

$$G(x) = \frac{1}{4\pi}\int_0^{\pi} \Psi(t)\,\text{coséc}^2\frac{t}{2}\,dt, \tag{1.4}$$

où

$$\psi(t) = f(x+t) - f(x-t), \qquad \Psi(t) = \int_0^t \psi(u)\,du.$$

Or, en outre des nouveaux théorèmes que j'ai obtenus pour la convergence, la sommabilité $(c, 1)$ et la sommabilité abélienne de la série conjuguée, je constate que les anciens théorèmes continuent d'être vrais si nous y remplaçons $g(x)$ par $G(x)$. Puisque la convergence de l'intégrale $g(x)$ entraîne nécessairement celle de l'intégrale $G(x)$, mais non pas inversement, le domaine de l'applicabilité des divers théorèmes a été ainsi élargi.

2. Théorème I. — *Si l'intégrale* (1.4) *existe au moins comme une intégrale convergeant non absolument, la série conjuguée convergera à* $G(x)$, *pourvu que*

$$\lim_{n\to\infty}\int_p^{\pi}\frac{\psi(t)}{t}\cos nt\,dt \tag{2.1}$$

est zéro, où $p = \frac{4m+1}{n}\frac{\pi}{2}$, *m étant n'importe quel entier positif* [1].

Nous avons la $n^{\text{ième}}$ somme partielle de la série conjuguée

$$\begin{aligned}
S_n &= \sum_{n=1}^{n}(b_n\cos nx - a_n\sin nx)\\
&= \frac{1}{2\pi}\int_p^{\pi}\psi(t)\cot\frac{t}{2}\,dt + \frac{1}{2\pi}\int_0^{p}\psi(t)\cot\frac{t}{2}(1-\cos nt)\,dt\\
&\quad - \frac{1}{2\pi}\int_p^{\pi}\psi(t)\cot\frac{t}{2}\cos nt\,dt + o(1)\\
&= \frac{1}{4\pi}\int_p^{\pi}\psi(t)\,\text{coséc}^2\frac{t}{2}\,dt - \frac{1}{4\pi}\int_0^{p}\psi(t)\,\text{coséc}^2\frac{t}{2}\cos nt\,dt\\
&\quad - \frac{n}{2\pi}\int_0^{p}\Psi(t)\cot\frac{t}{2}\sin nt\,dt - \frac{1}{2\pi}\int_p^{\pi}\Psi(t)\cot\frac{t}{2}\cos nt\,dt + o(1)\\
&= I_1 - I_2 - I_3 - I_4 + o(1).
\end{aligned}$$

---

[1] Si, dans l'énoncé de ce théorème, nous remplaçons $G(x)$ par $g(x)$, il devient le théorème classique de Pringsheim (cf. Pringsheim, *ibid.*, p. 87).

On peut démontrer que chacun des I_2 et I_3 est $o(1)$, et

$$I_1 = \frac{1}{\pi}\int_p^\pi \frac{\psi(t)}{t}\cos nt\,dt + o(1).$$

Donc on obtient

$$S_n - \frac{1}{4\pi}\int_p^\pi \psi(t)\operatorname{cos\acute{e}c}^2\frac{t}{2}\,dt = -\frac{1}{\pi}\int_p^\pi \frac{\psi(t)}{t}\cos nt\,dt + o(1),$$

d'où suit le théorème.

3. Afin de découvrir des critériums simples pour la convergence de la série conjuguée, il nous faut trouver des conditions convenables sous lesquelles (2.1) est zéro. Nous établissons le théorème suivant :

Théorème II. — *Si l'intégrale* (1.4) *existe au moins comme une intégrale convergeant non absolument, la série conjuguée convergera à* $G(x)$, *pourvu que*

$$\psi(t) = \frac{1}{t}\int_0^t h(t)\,dt,$$

où

$$\int_0^t |h(t)|\,dt = O(t).$$

D'après le théorème de Riemann-Lebesgue,

$$\int_\delta^\pi \frac{\psi(t)}{t}\cos nt\,dt = O(1),$$

où $p < \delta < \pi$. Or,

$$\int_p^\delta \psi(t)\frac{\cos nt}{t}\,dt = \int_p^\delta t\psi(t)\frac{d}{dt}q_n(t)\,dt,$$

où

$$q_n(t) = \left[\frac{\sin nt}{nt^2}\right]_t^\delta + 2\int_t^\delta \frac{\sin nt}{nt^3}\,dt.$$

Pour des valeurs de n suffisamment grandes, $|q_n(t)| \leqq \frac{2}{nt^2}$. Nous avons

$$\int_p^\delta \psi(t)\frac{\cos nt}{t}\,dt = [t\psi(t)q_n(t)]_p^\delta - \int_p^\delta h(t)q_n(t)\,dt.$$

Alors $[t\psi(t)q_n(t)]_p^\delta$ est $o(1)$, et

$$\int_p^\delta h(t)q_n(t)\,dt \leqq \left[\frac{2}{nt^2}\int_0^t |h(t)|\,dt\right]_p^\delta + 2\int_p^\delta \left\{\frac{2}{nt^2}\int_0^t |h(t)|\,dt\right\}dt.$$

On peut démontrer que chacun des termes à la droite ci-dessus est $o(1)$; par conséquent

$$\int_p^{\pi} \frac{\psi(t)}{t} \cos nt \, dt = o(1),$$

et le théorème est démontré.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur une méthode de M. Riabouchinsky ayant pour but de résoudre le problème de Dirichlet, en vue du calcul du potentiel des vitesses.* Note de M. **Florin Vasilesco.**

Dans une Communication faite au Congrès de Mécanique appliquée de Stockholm [1], M. Riabouchinsky est revenu sur une méthode qu'il avait imaginée au cours de ses recherches sur les cavitations et qui tend à *calculer le potentiel des vitesses au moyen des conditions initiales.*

Voici comment M. Riabouchinsky s'est posé le problème. Soit Σ_1 une surface portant des données continues $U(M_1)$, M_1 étant un de ses points. On demande de calculer le potentiel $\varphi(P)$ se réduisant à ces données sur la surface, au moyen de potentiels pouvant être calculés pour une surface plus simple Σ_0 (par exemple une sphère) à laquelle Σ_1 peut se réduire par une déformation continue, chaque point M_1 suivant une trajectoire qui le mène à son point correspondant M_0 de Σ_0, tout en restant dans le domaine compris entre Σ_0 et Σ_1. Ces trajectoires sont supposées remplir ce domaine, ne se couper jamais et varier d'une façon continue. Si $f(M_0)$ est la longueur d'une telle trajectoire, considérons la surface $\Sigma_t[r = t.f(M_0)]$, r étant mesuré sur la trajectoire, de M_0 à M_t, et t variant de zéro à l'unité. Les domaines extérieurs aux Σ_t étant supposés réguliers [2] et $\varphi(P, t)$ désignant le potentiel se réduisant aux valeurs $U(M_t) = U(M_1)$ sur Σ_t, M. Riabouchinsky se propose d'exprimer ce potentiel par un développement de Mac Laurin.

$$(1)\quad \varphi(P, t) = \varphi_0(P) + \frac{t}{1}\varphi_1(P) + \frac{t^2}{2!}\varphi_2(P) + \ldots + \left[\varphi_0 = \varphi_{t=0}(P, t),\ \varphi_1 = \left(\frac{\partial\varphi}{\partial t}\right)_{t=0}, \ldots\right]$$

et indique (*loc. cit.*) le moyen pratique de calculer les coefficients de cette

---

[1] *Comptes rendus du IIIe Congrès international de Mécanique appliquée* (Stockholm, 1930), 1, p. 150.

[2] C'est-à-dire pour lesquels le problème de Dirichlet est soluble, quelles que soient les valeurs continues données sur leurs frontières.

série. Dans quelques cas simples, on vérifie directement que ce développement est valable.

Supposons que les fonctions harmoniques $\varphi_i(P)$ existent à l'extérieur de Σ_0, qu'elles prennent sur cette surface des valeurs continues, ainsi que leurs dérivées suivant les trajectoires et que le développement ci-dessus a lieu. Le moyen de calcul indiqué par M. Riabouchinsky consiste à remplacer P par M_t, à dériver par rapport à t et à faire tendre t vers zéro. Le premier membre étant indépendant de t, cela permet de calculer les valeurs φ_1^0 prises par la fonction harmonique $\varphi_1(P)$ sur Σ_0, donc de connaître cette fonction. La répétition de ce procédé donne de proche en proche les coefficients.

En prenant directement la $p^{\text{ième}}$ dérivée, on obtient

$$o=\sum_0^\infty \left\{ \frac{\partial^p \varphi_n}{\partial r^p} f^p \frac{t^n}{n!} + C_p^1 \frac{\partial^{p-1}\varphi_n}{\partial r^{p-1}} f^{p-1} \frac{t^{n-1}}{(n-1)!} + \ldots + \varphi_n \frac{t^{n-p}}{(n-p)!} \right\},$$

d'où l'on tire, pour $t=o$,

$$(2) \qquad -\varphi_p^0 = \frac{\partial^p \varphi_0^0}{\partial r^p} f^p + C_p^1 \frac{\partial^{p-1}\varphi_1^0}{\partial r^{p-1}} f^{p-1} + \ldots + C_p^{p-1} \frac{\partial \varphi_{p-1}^0}{\partial r} f,$$

l'indice supérieur zéro indiquant la limite suivant la trajectoire, ou la dérivée à la surface Σ_0 suivant la trajectoire.

La méthode qui nous occupe étant surtout une méthode de calcul, nous sommes ramenés à étudier les questions suivantes :

I. Dans quels cas les φ_p^0 existent.

II. Calculer leurs valeurs en fonction des données initiales qui sont les fonctions $U(M_0) = U(M_1)$ et $f(M_1)$.

III. Sous quelles conditions la série (1) a un rayon de convergence supérieur à l'unité.

IV. Vérifier si $\varphi(P, t)$ prend bien les valeurs $U(M_1)$ sur Σ_1.

Dans ce qui suit nous étudierons les questions I, II et IV en nous plaçant dans le cas d'une surface Σ_1 étoilée, Σ_0 étant une sphère de rayon unité et les trajectoires, des rayons vecteurs issus du centre. Soient OM_0 un rayon fixe, M un point variable sur la sphère, γ l'arc de grand cercle M_0M, θ l'angle du plan M_0OM avec celui d'un méridien fixe passant par M_0 et $U(\gamma, \theta)$ une fonction donnée sur la sphère.

En s'appuyant sur le fait que :

Une fonction harmonique prenant sur Σ_0 des valeurs de la forme

$$\lambda_1(\gamma).U'_\gamma(o, \theta) + \lambda_2(\gamma).U'_\gamma(\pi, \theta) = H(\gamma, \theta),$$

H *ayant une valeur unique en* M_0 *et au point opposé, est nulle sur tout le rayon* OM_0 *à l'extérieur de* Σ_0,

on trouve pour la *dérivée normale* $\frac{\partial F^0[U]}{\partial \rho}$ *en* M_0, *de la fonction harmonique prenant sur* Σ_0 *les valeurs* $U(\gamma, \theta)$, l'expression suivante :

$$\frac{\partial F^0(U)}{\partial \rho} = -\frac{U(o)+U(\pi)}{2} - \frac{1}{4\pi}\int_0^{\pi} \frac{d\gamma}{\sin\frac{\gamma}{2}} \int_0^{2\pi} U'_\gamma(\gamma, \theta)\, d\theta. \tag{3}$$

Au voisinage de $\gamma = o$, on a

$$U'_\gamma(\gamma, \theta) = U'_\gamma(o, \theta) + \gamma U''_\gamma(\alpha\gamma, \theta) \qquad (o < \alpha < 1)$$

et la double intégrale reste finie.

La dérivée normale sur la sphère existe donc et est donnée par la formule (3) *pourvu que* $U(M_0)$ *ait des dérivées continues du premier et du second ordre par rapport à tout arc de grand cercle.*

On trouve les dérivées d'ordre supérieur à l'aide de la formule de récurrence

$$\frac{\partial^{k+1} F^0(U)}{\partial \rho^{k+1}} = \frac{\partial}{\partial \rho}\left[\frac{\partial^k F^0(U)}{\partial \rho^k}\right] - k\frac{\partial^k F^0(U)}{\partial \rho^k}.$$

Les dérivées normales sur la sphère existent et sont dérivables sur les arcs de grand cercle pourvu que la fonction $U(M_0)$ *ait des dérivées de tous ordres.*

En supposant donc aussi $f(M_0)$ *indéfiniment dérivable*, nous avons répondu aux questions I et II. La vérification de IV se fait dans l'hypothèse que III a lieu, car les séries

$$(-1)^n \sum_{m=0}^{\infty} \frac{2m+1}{4\pi}(m+1)\ldots(m+n)\int_0^{\pi} d\gamma' \int_0^{2\pi} P_m(\cos\gamma)\, \varphi_\rho^0 \sin\gamma'\, d\theta'$$

sont convergentes et ont pour somme $\frac{\partial^n \varphi_\rho^0}{\partial \rho^n}$.

HYDRODYNAMIQUE. — *Mouvement lent d'un fluide visqueux à deux dimensions limité par des parois fixes*. Note de M. **J. Leray**.

Nous avons étudié le premier problème aux limites, relatif au système

$$(1)\quad \begin{cases} \nu\,\Delta u - \dfrac{\partial u}{\partial t} - \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial x} = 0, \qquad \nu\,\Delta v - \dfrac{\partial v}{\partial t} - \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial y} = 0, \\ \dfrac{\partial u}{\partial x} + \dfrac{\partial v}{\partial y} = 0. \end{cases}$$

1. *Cas où le domaine est l'extérieur du cercle* $x^2+y^2=a^2$. — Nous nous restreignons, ce qui est sans inconvénient, au cas où sont nulles les moyennes, prises le long de ce cercle, des composantes u, v et des composantes, normale et tangentielle, du vecteur donné. Nous définissons deux fonctions l et m par les conditions d'avoir respectivement les mêmes valeurs frontières que u et v et de satisfaire l'équation de la chaleur $\left(\nu\,\Delta l - \dfrac{\partial l}{\partial t} = 0\right)$.

Soient

$$L = \int_{-\infty}^{t} l\,dt \qquad \text{et} \qquad M = \int_{-\infty}^{t} m\,dt.$$

Il est alors aisé de construire, à l'aide d'une quadrature, une fonction $\mathcal{F}(z, t)$, analytique par rapport à $z = x + iy = R\,e^{i\omega}$, telle que la solution du problème soit donnée par la formule

$$(2)\quad \begin{aligned} u(x, y, t) - iv = {} & l(x, y, t) - im \\ & - \frac{\nu}{2\pi}\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial}{\partial y} + i\frac{\partial}{\partial x}\right) \oint_{|\lambda|=1-\varepsilon} L(R, \omega - i\log\lambda, t)\frac{\lambda+1}{\lambda-1}\frac{d\lambda}{\lambda} \\ & - \frac{\nu}{2\pi}\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\partial}{\partial y} + i\frac{\partial}{\partial x}\right) \oint_{|\lambda|=1-\varepsilon} M(R, \omega - i\log\lambda, t)\frac{\lambda+1}{\lambda-1}\frac{d\lambda}{\lambda} - \mathcal{F}(z, t). \end{aligned}$$

Les calculs prouvant l'équivalence de cette solution et de celle due à M. Oseen (*Arkiv för matematik, astr. och fysik*, 14, 1919, p. 1) sont assez longs. L'emploi d'intégrales analogues à celles qui figurent dans (2) est également avantageux dans la démonstration du théorème suivant dont M. Oseen utilisa des cas particuliers : « Si les deux fonctions F_1 et F_2 satisfont l'équation de la chaleur hors du cercle $R = a$ et si, sur ce cercle, $F_1 + iF_2$ prend les mêmes valeurs qu'une fonction holomorphe pour $|z| > a$ et pour $z = \infty$, alors $\dfrac{\partial^{p+q}(F_1 + iF_2)}{\partial x^p\,\partial y^q}$ et $\dfrac{\partial^{p+q}(F_1 + iF_2)}{\partial R^p\,\partial \omega^q}$ prennent, chacune, sur tout cercle

$R = R_0 \geqq a$, les mêmes valeurs qu'une fonction analytique hors de ce cercle, ayant, au plus, à l'infini une singularité polaire. »

Enfin si nous faisons dans (2) :

$$p = 0 \quad \text{et} \quad q = \frac{e^{-\frac{(x-a)^2+y^2}{4\nu t}}}{t} \quad \text{ou} \quad q = \frac{x-a}{t^2} e^{-\frac{(x-a)^2+y^2}{4\nu t}},$$

nous obtenons deux solutions particulières, intéressantes, du système (1). La seconde permet sans doute de ramener à la résolution d'une équation intégrale de Volterra le premier problème aux limites relatif à un domaine arbitraire. Donnons l'expression à laquelle elle se réduit lorsque l'extérieur du cercle devient le demi-plan : $X > 0$ et que $\nu = \frac{1}{4}$:

$$(3) \quad V(X, Y, t) + iU$$
$$= \frac{X}{t^2} e^{-\frac{X^2+Y^2}{t}} + \frac{i}{4\pi} \int_{R(\lambda)=-\varepsilon} \frac{1 - \left(1 + \frac{2\lambda X}{t}\right) e^{-\frac{2\lambda X}{t}}}{\lambda^2} e^{\frac{\lambda^2}{t}} \frac{d\lambda}{(X + iY - \lambda)^2}.$$

2. *Cas où le domaine est l'intérieur d'un contour convexe*, à rayon de courbure jamais nul ni infini. La solution du système (1) est de la forme $\left(\text{pour } \nu = \frac{1}{4}\right)$:

$$(4) \quad v(x, y, t) + iu = -\int_{-\infty}^{t} \oint \Phi(s, \tau) e^{-i\varphi_s} [V(X, Y, t) + iU] \, ds$$
$$+ i \oint \Psi(s, t) \frac{e^{-i\varphi_s}}{X + iY} ds.$$

Le point (x, y) est intérieur au domaine; (X, Y) sont ses coordonnées par rapport au système cartésien mobile qui a pour origine le point du contour d'abscisse curviligne s et pour axe X la normale intérieure; φ_s est l'angle que fait avec Ox la tangente au point d'abscisse curviligne s; Φ et Ψ sont réelles et déterminées par un système d'équations de Volterra : en effet la première intégrale de (4) possède les propriétés usuelles des potentiels de double couche.

u et v admettent, à l'intérieur du domaine, des dérivées de tous les ordres par rapport à x et y.

On constate en outre aisément que si l'on fait tendre ν vers 0 la solution (u, v) du système (1) tend vers le gradient d'une fonction harmonique; seule la condition à la frontière relative à la composante normale de la vitesse reste vérifiée.

THÉORIE DE LA RELATIVITÉ. — *Sur les équations de la gravitation d'Einstein.* Note de M. **Ch. Racine**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Généralisant le résultat communiqué dans une Note précédente ([1]), il m'est maintenant possible d'énoncer le théorème suivant :

Soit un espace-temps dont le ds^2 peut se mettre, pour t compris entre deux valeurs t_0 et $t_1 (t_0 < t_1)$, sous la forme

$$ds^2 = V^2\,dt^2 - \sum_1^3 g_{ij}\,dx^i\,dx^j;$$

assujettissons cette variété à vérifier les hypothèses suivantes :

a. Les quantités V et g_{ij} sont partout continues, admettent en tout point des dérivées premières, secondes et troisièmes continues. V, de plus, est borné inférieurement et supérieurement par deux nombres positifs.

b. Cette variété est simplement connexe et sans frontières.

c. Les hypersurfaces à trois dimensions définies par les équations

$$t = \text{const.}$$

sont sans points multiples. Tout point A peut y être entouré de surfaces fermées $\Sigma_1, \Sigma_2, \ldots, \Sigma_m, \ldots, \Sigma_m$ contenant à son intérieur tous les points de Σ_{m-1} et le minimum de la distance géodésique du point A à un point quelconque de Σ_m croissant indéfiniment avec m.

d. A partir d'un certain indice m, l'élément métrique des hypersurfaces précédentes prendra, hors de Σ_m, la forme

$$ds^2 = \sum_1^3 (\delta_i^j - \varepsilon_{ij}^{(m)})\,dx^i\,dx^j \qquad \delta_i^j \begin{cases} = 0 & \text{si } i \neq j, \\ = 1 & \text{si } i = j, \end{cases}$$

et les $\varepsilon_{ij}^{(m)}$ tendront uniformément vers zéro lorsque m tendra vers l'infini.

e. On peut construire une multiplicité à trois dimensions jouissant des propriétés suivantes : elle est minima ([2]), ses lignes de courbure n'ont ni points multiples ni enveloppes, son élément métrique est défini.

f. Les fonctions V et g_{ij} satisfont en tout point aux équations de la gravitation d'Einstein relatives au champ extérieur.

([1]) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1533.

([2]) Cf. E. Cartan, *La géométrie des espaces de Riemann* (*Mémorial des Sciences mathématiques*, fasc. 9, 1926, p. 45).

Dans ces conditions, il n'y a pas d'autre solution de ces équations que celle qui correspond au ds^2 euclidien.

2. Les points essentiels de ma démonstration sont les suivants :

Je prouve d'abord que si une hypersurface répondant à l'hypothèse (e) est donnée, on peut lui en associer une infinité d'autres infiniment voisines et sans points communs entre elles.

Rapportant au système de coordonnées défini par ces surfaces et leurs trajectoires orthogonales l'espace-temps, je mets les équations du champ extérieur sous la forme suivante

$$\Lambda_{ij} = \frac{1}{2}\frac{\partial g_{ij}}{\partial t}, \qquad \Omega_i^j = \frac{\Lambda_i^j}{V}, \qquad h^2 = \sum_{\alpha,\beta}^{1,2,3} \Lambda_\alpha^\beta \Lambda_\beta^\alpha = V^2 H^2, \qquad R = \sum_1^3 R_i^i;$$

$$R_i^k + \frac{V_i^k}{V} - \frac{1}{V}\frac{\partial \Omega_i^k}{\partial t} = 0,$$

$$\Delta V = RV, \qquad R = H^2,$$

$$\Omega_{i,k}^k = 0.$$

Les indices $i, j, k, \ldots$ et Δ indiquent des opérations de dérivations covariantes faites tangentiellement (¹) aux variétés minima, ou les tenseurs bien connus g_{ij}, R_i^k, relatifs à ces variétés.

Soient $\vec{a}$, $\vec{b}$, $\vec{c}$ trois vecteurs unitaires tangents, en chaque point des variétés minima, respectivement, à leurs lignes de courbures. On aura

$$\sum_k a^k \Omega_k^i = \lambda a^i, \qquad \sum_k b^k \Omega_k^i = \mu b^i, \qquad \sum_k c^k \Omega_k^i = \nu c^i$$

et les trois dernières équations d'Einstein s'écriront équivalemment

$$\operatorname{div}(\lambda \vec{a}) = 0, \qquad \operatorname{div}(\mu \vec{b}) = 0, \qquad \operatorname{div}(\nu \vec{c}) = 0, \qquad \lambda + \mu + \nu = 0.$$

Je démontre que si les hypothèses ci-dessus indiquées sont remplies, les équations précédentes n'admettent que la solution

$$\lambda = \mu = \nu = 0.$$

Les équations du champ extérieur deviennent alors

$$R_i^k + \frac{V_i^k}{V} = 0,$$

$$\Delta V = 0.$$

(¹) E. Cartan, *loc. cit.*, p. 46.

Ce sont les équations de ce que M. Levi-Civita a appelé le champ statique. Ma Note précédente démontrait justement à leur sujet qu'elles n'ont d'autres solutions, avec les restrictions énumérées, que l'espace-temps euclidien.

3. Les vecteurs $\lambda\vec{a}$, $\mu\vec{b}$, $\nu\vec{c}$ permettent de former des intégrales de surfaces nulles lorsque ces surfaces ne contiennent à leur intérieur aucune quantité de mouvement et différentes de zéro dans le cas contraire. On a ainsi un moyen de distinguer les domaines *meublables* des domaines *non meublables*.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Photographie de la couronne solaire en dehors des éclipses*. Note de M. **B. Lyot**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Toutes les tentatives faites jusqu'ici pour photographier la couronne solaire en dehors des éclipses étaient restées sans succès. Pendant l'été 1930, j'ai pu avoir quelques indications sur sa forme, au Pic du Midi, en étudiant les variations de sa polarisation et de l'intensité de ses raies spectrales autour du Soleil ([1]), mais les clichés obtenus ne montrent, avec certitude, que les protubérances.

Pendant l'été 1931, j'ai réussi à photographier directement la couronne en réduisant au minimum la diffusion instrumentale et atmosphérique et à amplifier les contrastes de l'image par un procédé de tirage approprié.

La diffusion instrumentale a été réduite en réalisant un coronographe analogue, en principe, à celui de 1930, mais plus grand et meilleur.

L'appareil comporte une lentille simple, plan convexe, de 13^{cm} de diamètre et de $3^{m},15$ de distance focale. Cette lentille, taillée dans un verre d'optique spécial, a été travaillée avec le plus grand soin et ne possède aucun fil, aucune bulle et aucune rayure ou piqûre de surface dans sa partie centrale, sur la moitié de son diamètre environ. Elle forme l'image du Soleil sur un disque en laiton noirci d'un diamètre très voisin de celui de la chromosphère. Ce disque est suivi d'une lentille simple qui projette l'image de la première lentille sur un diaphragme iris. Un objectif, placé derrière l'iris, forme, sur la plaque photographique, l'image du disque et des alentours immédiats du Soleil. L'achromatisme de cet objectif a été exagéré pour corriger l'aberration chromatique de la première lentille.

([1]) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 834.

La lumière des bords de la première lentille, très fortement illuminés par diffraction, est arrêtée par le diaphragme iris réglé de manière à laisser passer seulement les rayons provenant de la partie centrale. La lumière des images solaires formées par réflexions multiples, au centre de la première lentille, est arrêtée par une petite pastille collée au centre de l'objectif. La lentille, nettoyée fréquemment et avec beaucoup de soin, est protégée des poussières par un tube de bois très long, graissé intérieurement, qui contient tout le système optique. Des écrans et des diaphragmes argentés, convenablement placés, renvoient à l'extérieur la lumière solaire inutilisée, pour éviter d'échauffer l'air contenu dans le tube et de troubler les images. Les principales causes de diffusion instrumentale sont ainsi éliminées.

Le coronographe, muni d'un oculaire et d'un écran rouge, montrait, même lorsque la transparence atmosphérique était médiocre, de nombreuses protubérances; les plus petites mesurant seulement qelques secondes de hauteur. Lorsque les images étaient très calmes, on voyait, de plus, la chromosphère, sous forme d'une ligne très fine, bordant le disque de laiton. A travers un prisme à vision directe, cette ligne, plus brillante que les protubérances, se montrait formée, en grande partie, de lumière monochromatique, la chromosphère s'élargissait légèrement sous les protubérances qui apparaissaient ainsi soulignées par un trait court et très brillant.

Pour photographier la couronne, le coronographe était muni d'un porte-châssis permettant d'obtenir 12 images sur une plaque 9×12. Il était monté le long de l'équatorial du Pic du Midi et porté par deux colliers formant palliers, au moyen desquels on le faisait tourner autour de son axe, d'une quinzaine de degrés entre chaque pose.

Pour diminuer la diffusion atmosphérique, la brillance du Ciel près du Soleil, observée dans le coronographe, était comparée à celle d'un diffuseur blanc et les poses n'étaient faites que lorsque cette brillance devenait inférieure à 6 millionnièmes environ de celle du Soleil. Il fallait, d'autre part, employer une longueur d'onde aussi grande que possible. Les plaques extrême-rouge et infrarouge, ne présentant pas un contraste suffisant, les épreuves ont été faites sur des plaques panchromatiques Guilleminot, à travers un écran Wratten α, au moyen des radiations du spectre continu comprises entre 6500 et 6600 Å environ. Elles ont été développées à fond.

Le 21 juillet à 16^h, 11 poses ont été obtenues par une transparence atmosphérique remarquable, cinq d'entre elles, malheureusement, sont voilées mais les six autres montrent une petite protubérance à l'angle de position 50° environ et trois jets de lumière dont deux sont assez nettement indi-

qués. Ces détails tournent d'une pose à l'autre, avec la protubérance, en sens inverse de la rotation du coronographe et appartiennent par conséquent à la couronne. On voit également des taches et des traînées qui occupent la même position sur chaque cliché, la plupart sont dues à des poussières déposées sur la seconde lentille du coronographe,

Les contrastes des images de la couronne ont été amplifiés par le procédé suivant : les négatifs sont projetés successivement, avec un appareil à agrandissement, sur une même plaque à grand contraste en superposant exactement, à l'aide d'un dispositif approprié, les détails les plus nets. Soient n le nombre de poses, γ le facteur de contraste de la plaque. En première approximation, les faibles contrastes de l'objet photographié sont multipliés par γ tandis que les irrégularités statistiques de distribution des grains des négatifs sont multipliées par $\frac{\gamma}{\sqrt{n}}$. Les taches légères ont leurs contrastes multipliés par $\frac{\gamma}{n}$ et disparaissent si n est un peu grand. Si n est grand, il est bon d'éliminer les défauts de la plaque positive en tirant plusieurs positifs et en les superposant à leur tour pour former un négatif de seconde main. L'image finale doit montrer des détails beaucoup plus faibles que chacun des négatifs utilisés environ en raison inverse de la racine carrée du nombre de poses.

Diverses images ont été obtenues par ce procédé sur plaques collodium Guilleminot. Celle du 21 juillet, à 16^h, est la plus riche en détails : en plus de la petite protubérance, dans l'angle de position 50°, elle montre une faible frange lumineuse au pôle Nord, encadrée par deux brèches sombres situées à 25° de part et d'autre, celle du Nord-Ouest étant la plus foncée. A l'Est un jet de lumière intense et bien défini s'étend de 30° à 95° et s'élève à plus de 7′ du bord solaire avec trois maxima de lumière. Un autre jet de lumière, plus étroit, de 4′ de hauteur, apparaît entre 110° et 135°. Le bord Sud est faiblement lumineux mais, vers 215°, une bande brillante apparaît et atteint son maximum d'intensité vers 260°; elle s'affaiblit brusquement quelques degrés plus au Nord et se termine vers 330° à la brèche sombre signalée précédemment ([1]). Une autre image a été tirée à l'aide de sept

([1]) La nature coronale de ces détails est encore confirmée par une épreuve par sections faite, le lendemain matin, au spectrohéliographe sur la raie verte de la couronne. La longueur et l'intensité de cette raie présentent des maxima et des minima qui correspondent sensiblement à ceux de la photographie.

négatifs obtenus le 18 juillet à 15^h. Le ciel était moins pur que le 21; on voit cependant une brèche sombre, très bien délimitée à l'Ouest, semblable à celle du 21 et située dans la même position.

Ces premiers clichés, bien que très imparfaits, montrent cependant qu'il est possible de suivre les changements d'aspect de la couronne intérieure entre les éclipses. Peut-être découvrira-t-on ainsi les liens qui la rattachent aux autres manifestations de l'activité solaire.

Remarque au sujet de la Note précédente, par M. **Ernest Esclangon.**

Il est à peine utile de souligner l'importance des nouveaux résultats obtenus par M. Lyot, dans l'observation directe de la couronne solaire, en dehors de toute éclipse.

En 1930, les appareils employés lui avaient permis de photographier le spectre de la couronne, notamment les raies verte et rouge, ce qui constituait déjà un résultat d'une très grande portée.

En 1931, grâce à des perfectionnements nouveaux apportés aux appareils et aux méthodes photographiques, une étape nouvelle a été franchie. M. Lyot a obtenu des photographies directes de la couronne et, le fait que le cliché du 21 juillet montre des jets de lumière s'étendant à plus de 7′ du bord solaire indique que la méthode est destinée à devenir féconde.

La couronne solaire est un élément capricieux et perpétuellement changeant, La nécessité dans laquelle on était jusqu'ici de l'observer seulement pendant quelques minutes au cours des éclipses de Soleil, par ailleurs rares, ne permettait d'en fixer la forme instantanée qu'à de lointains intervalles et c'est sans doute une des raisons pour lesquelles la couronne est restée si mal connue, Par la continuité des observations qu'en permettra la méthode de M. Lyot, tant au point de vue des variations de forme qu'au point de vue spectral, il est à présumer que nos connaissances à ce sujet s'enrichiront rapidement.

Remarque au sujet de la Note précédente, par M. **Ch. Fabry.**

Le très important travail de M. Lyot montre l'importance que présentent les stations élevées pour certaines observations astronomiques. L'observatoire du Pic du Midi offre, pour ces recherches, des ressources

vraiment exceptionnelles; les dépenses importantes faites par l'État pour la construction et l'entretien de cet observatoire se trouvent largement justifiées par les résultats obtenus. Malheureusement, un grave danger menace cet établissement scientifique. Une route praticable aux automobiles est actuellement en voie de construction; si le projet est exécuté jusqu'au bout, une plate-forme pouvant recevoir un grand nombre de voitures se trouvera à quelques mètres de l'observatoire; la poussière et la fumée résultant de la présence d'un grand nombre de voitures rendront impossibles toutes les observations qui exigent une atmosphère pure, et toute l'utilité de ce bel observatoire se trouvera détruite. Il faut vivement souhaiter qu'une entente entre les intérêts du tourisme et ceux de la Science se fasse lorsqu'il en est encore temps.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équation générale du mouvement brownien.* Note (1) de M. **Jacques Métadier**, présentée par M. J. Perrin.

Dans cette Note nous nous proposons de résoudre le problème général du mouvement brownien dans un champ de forces extérieures même en l'absence d'équilibre entre forces extérieures et forces de viscosité (champ de forces pouvant varier très rapidement) par la méthode du calcul opérationnel que Schrödinger (2) a employé en mécanique ondulatoire dans le cas particulier des champs constants et que tout récemment Jean-Louis Destouches (3) a généralisée au cas de champs quelconques. Ainsi sera-t-il possible de mieux faire ressortir les analogies et les différences entre la mécanique ondulatoire et la théorie du mouvement brownien.

1. On parvient à l'équation générale du mouvement brownien par un raisonnement classique qui, dans un cas particulier, conduit à l'équation de continuité hydrodynamique et, dans un autre cas, à l'équation de diffusion simple. On évalue de deux façons la variation du nombre probable de particules dans un certain volume, d'une part par la variation de densité, et d'autre part en calculant le flux des particules sortantes.

Soit $p(M, t)$, la probabilité pour qu'une particule soit $d\tau$ à l'instant t, dans un volume $d\tau$ entourant le point M, $\vec{v}(M, t)$ la vitesse moyenne d'une

(1) Séance du 30 novembre 1931.

(2) Schrödinger, *Conf. Inst. H. Poincaré*, 1931.

(3) J.-L. Destouches, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 518.

particule en M à l'instant t, vitesse que la particule aurait en l'absence de mouvement brownien, D la constante de diffusion. On trouve ainsi

$$\frac{\partial p(\mathrm{M}, t)}{\partial t} = \mathrm{D}\Delta p(\mathrm{M}, t) - \operatorname{div}\left[p(\mathrm{M}, t).\vec{v}(\mathrm{M}, t)\right] \tag{1}$$

et $\vec{v}$ est donné par l'équation fondamentale de la dynamique

$$m\frac{d^2\overline{\mathrm{M}}}{dt^2} = \vec{\mathrm{F}}(\mathrm{M}, t) - k\frac{d\overline{\mathrm{M}}}{dt} \qquad \text{avec} \qquad \vec{v} = \frac{d\overline{\mathrm{M}}}{dt}.$$

$k\dfrac{d\overline{\mathrm{M}}}{dt}$ est la force de frottement visqueux, $\vec{\mathrm{F}}(\mathrm{M}, t)$ la force due au champ extérieur, m la masse de la particule considérée, $\overline{\mathrm{M}}$ sa position moyenne à l'instant t (la même qu'en l'absence du mouvement brownien).

Lorsque les variations de $\vec{\mathrm{F}}$ sont suffisamment faibles, il y a équilibre entre les forces de viscosité et la force $\vec{\mathrm{F}}$. On a alors $\vec{v} = \beta\vec{\mathrm{F}}$, $\beta = \frac{1}{k}$ et l'on peut remplacer $\vec{v}$ par cette valeur dans l'équation (1).

2. L'équation (1) peut être écrite symboliquement

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \mathcal{H}p \tag{2}$$

en posant

$$\mathcal{H} = \mathrm{D}\Delta - \operatorname{div}\vec{v} \tag{3} \qquad \text{ou} \qquad \mathcal{H} = \mathrm{D}\nabla^2 - \nabla\vec{v} \tag{3'}$$

On constate alors que l'équation (2) a la même forme que l'équation fondamentale de la mécanique ondulatoire, mais la forme de l'opérateur $\mathcal{H}$ est bien différente. Alors qu'en mécanique ondulatoire $\mathcal{H} = -\frac{2\pi i}{h}(a\Delta + \mathrm{V})$, V étant la fonction potentielle, ici, nous avons, au lieu d'une fonction V, un opérateur différentiel $\nabla\vec{v}$ pouvant d'ailleurs se réduire à $\beta \operatorname{div}\vec{\mathrm{F}}$. Au lieu de multiplier p par V, nous devons multiplier p par un *vecteur*, puis prendre la divergence [1]. C'est là une différence essentielle. D'autre part, ici, tous les termes sont réels et p mesure une probabilité.

On se trouvera dans le cas de Schrödinger, si $\vec{v}$ ne dépend pas du temps,

---

[1] Il convient de remarquer qu'il ne faut pas multiplier p par $\operatorname{div}\vec{v}$, mais multiplier p par $\vec{v}$ puis prendre la divergence pour obtenir $\operatorname{div}(\vec{v}.p)$ et $\operatorname{div}\vec{v}$ est considéré comme un opérateur appliqué à p et non pas comme une quantité.

mais seulement du point M de l'espace. Il y a alors équilibre $\vec{v} = \beta\vec{F}$. Dans ces conditions la force devra être constante.

On aura

(4) $$p(M, t) = e^{-\mathcal{H}t} p(M, 0) \qquad \text{avec} \qquad \mathcal{H} = a\Delta + \beta\nabla\vec{F},$$

$p(M, 0)$ caractérisant la distribution à l'instant initial.

Dans le cas général $\vec{v}$ dépend du temps et du lieu. La solution de l'équation (2) est donnée alors par

(5) $$p(M, t) = \mathfrak{U}(t)\,p(M, 0),$$

$\mathfrak{U}(t)$ étant l'opérateur de J.-L. Destouches.

Lorsque $\mathcal{H}$ commute avec $\int \mathcal{H}\,dt$, $\mathfrak{U}(t)$ se réduit à $e^{\int \mathcal{H} dt}$.

La condition de commutation est satisfaite seulement lorsque $\vec{v}$ ne dépend que de t, et non du point M, cas opposé à celui de l'équilibre. $\vec{F}$ devra alors être la même en tout point M et ne dépendre que du temps. On aura

(6) $$p(M, t) = e^{\int_0^t \mathcal{H}\,dt}\, p(M, 0).$$

Citons un exemple où l'on se trouvera dans ce cas. Des particules de masse m et de charge ε se déplacent dans un champ électrique uniforme sinusoïdal

$$\vec{F} = \varepsilon a \sin\omega t\,\vec{X},$$

$\vec{X}$, $\vec{Y}$, $\vec{Z}$ vecteurs unitaires des axes.

On trouve facilement, en négligeant les composantes suivant $\vec{Y}$ et $\vec{Z}$,

$$\vec{v} = \frac{\varepsilon a}{m^2 + k^2}\left[k\sin\omega t + m\left(\cos\omega t - e^{-\frac{k}{m}t}\right)\right]\vec{X}.$$

le terme exponentiel correspond à la force de viscosité, et son signe doit être tel qu'il s'oppose à l'augmentation de $|\vec{v}|$.

On obtient alors

$$\mathcal{H} = D\Delta - \frac{\varepsilon a}{m^2 + k^2}\left[k\sin\omega t + m\left(\cos\omega t - e^{-\frac{k}{m}t}\right)\right]\frac{\partial}{\partial x}.$$

Conclusion. — L'équation générale du mouvement brownien peut être mise sous la même forme symbolique que l'équation de la mécanique ondu-

latoire, et résolue par la méthode du calcul opérationnel. Nous avons donné alors les expressions de p dans le cas général (5) et, dans deux cas particuliers, (4) et (6). Mais il convient de souligner que l'opérateur $\mathcal{H}$, que nous avons trouvé ici, présente des différences profondes avec celui de la mécanique ondulatoire.

D'abord, il est réel; puis, au lieu de la fonction potentielle, nous avons un opérateur différentiel $\operatorname{div} \vec{v}$ à appliquer à p.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la réalisation des machines électrostatiques.* Note [1] de MM. **Henri Chaumat** et **Édouard Lefrand**, transmise par M. d'Arsonval.

L'un de nous [2] a posé les bases d'un calcul préalable des machines électrostatiques.

Il est impossible de charger un corps isolé. Les deux électricités apparaissent toujours en quantités égales sur les deux armatures d'un condensateur.

Considérons donc un tel condensateur qu'on isole de la source après l'avoir chargé.

Si, par l'application de forces extérieures, on fait diminuer la capacité, la différence de potentiel entre les armatures augmente, l'énergie électrique croît et l'on a un générateur électrostatique.

On aura un moteur électrique, au contraire, si on laisse croître la capacité sous l'action des forces intérieures.

Ces machines sont réversibles.

On peut obtenir ces variations de capacité, sans mettre en jeu des forces, par de simples modifications des connexions. Le dispositif est alors un transformateur d'énergie.

Quand on essaie de réaliser un générateur électrostatique basé sur ces principes, à l'aide de pièces tournantes, comme l'un de nous l'a envisagé, on est bientôt arrêté par des difficultés qui paraissent insurmontables.

En effet, la tension montant à mesure que la capacité diminue, pour éviter des décharges disruptives intérieures, on est amené à écarter nota-

(1) Séance du 23 novembre 1931.
(2) Voir *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1096 et 1232.

blement les plateaux fixe et mobile, c'est-à-dire les éléments des capacités variables. Et il est visible qu'alors les variations de capacité ne peuvent être que très faibles; elles tendent vers zéro, à la limite, lorsque les plateaux fixe et mobile sont de plus en plus distants.

La solution devait nous être donnée par l'emploi du cylindre de Faraday qui sera réalisé d'une façon approximative sous forme d'un *portefeuille* étroit où pourront pénétrer les corps chargés. Ce cylindre-portefeuille n'est d'ailleurs que l'une des armatures d'un condensateur dont l'enceinte est l'autre armature.

Ceci dit, considérons un corps *c* chargé à une différence de potentiel initiale *u* par rapport à une enceinte E. Si nous amenons le corps *c* à l'intérieur d'un cylindre de Faraday F, l'expérience prouve que le corps *c* abandonne toute sa charge au cylindre quelle que soit la différence de potentiel de celui-ci par rapport à l'enceinte. Ceci montre que la différence de potentiel du corps *c* par rapport à l'enceinte peut croître au delà de toutes limites (ou mieux sans autres limites que des décharges disruptives) et que, par suite, la capacité du corps *c* par rapport à l'enceinte tend vers zéro quand le corps *c* est amené dans le cylindre de Faraday.

Nous obtiendrons ainsi la diminution considérable de capacité que nous recherchons.

Des expériences préliminaires nous ont montré que l'on pouvait ainsi obtenir des différences de potentiel de 175000 volts à partir d'une différence de potentiel initiale de 110 volts. Cela veut dire aussi que le rapport des capacités est de 1600. Nous avons obtenu ensuite le rapport 7500.

Aux tensions élevées que l'on peut ainsi atteindre, l'emploi de conducteurs est inutile, l'ébonite présentant une conductibilité superficielle suffisante.

Nous avons construit une machine qui, avec un seul plateau de 46^{cm} de diamètre, nous a permis d'atteindre et de dépasser 500000 volts à 1200 tours par minute.

Cette machine possède sur la périphérie, deux de ces cylindres-portefeuilles diamétralement opposés, et, à 90° de ces collecteurs, se trouvent deux chargeurs. Chacun de ces chargeurs est un condensateur dont une armature est métallique et très soigneusement isolée sur toutes ses faces et qui se trouve en regard de la face antérieure d'un plateau d'ébonite.

L'autre armature du condensateur est formée par la face postérieure du plateau d'ébonite sur laquelle frotte une petite brosse métallique.

Les brosses des deux chargeurs sont reliées entre elles et les armatures

métalliques des deux chargeurs sont reliées aux pôles d'une source. On ne demande à la source, ici, que de produire un champ électrostatique.

On a trouvé avantageux de mettre sur la face avant des armatures métalliques des deux chargeurs une lame de mica. Le mica présente une sorte de rémanence qui favorise l'auto-excitation.

Pour éviter des surtensions dangereuses qui pourraient détruire la machine, on relie ses pôles à chacun des deux chargeurs par une simple ficelle. Cette ficelle qui présente des fuites notables agit comme un véritable limiteur de tension. Celle que nous avons employée ne peut tenir plus de 15000 volts et c'est là la différence de potentiel initiale à laquelle sont chargés les condensateurs.

Les décharges disruptives intérieures sont évitées, les corps chargés se trouvant, à l'intérieur des portefeuilles, dans des champs électrostatiques sensiblement nuls.

Cette machine présente un régime stable sous 300000 volts et nous a donné une puissance déjà appréciable de 24 watts. C'est 34 fois plus que ne donne, sous 70000 volts, une machine de Wimshurst de 47^{cm} de diamètre, à la même vitesse.

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Variation discontinue de la force électromotrice des piles photovoltaïques à liquides colorés.* Note de MM. **A. Grumbach** et **F. Taboury**, présentée par M. A. Cotton.

Ce travail a eu pour origine l'étude des piles photovoltaïques à électrodes de platine plongeant dans une solution acide de matière colorante; les résultats obtenus étaient très variables; ils nous ont amenés à faire la critique complète des méthodes de mesure employées et à discuter l'influence possible des dissymétries initiales. Jusqu'à présent, on s'était contenté d'éliminer celles-ci autant que possible expérimentalement ou bien de faire une correction, sans rechercher une relation entre leurs valeurs numériques et celles que prend ultérieurement la force électromotrice.

Les piles utilisées ont été soit du modèle décrit antérieurement par l'un de nous [1], soit des éléments constitués par un tube vertical que l'on pouvait fermer à la pression atmosphérique ou sur le vide. Les résultats généraux qui suivent s'appliquent sans modifications essentielles à ces divers appareils.

[1] A. Grumbach et S. Schlivitch, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 753.

L'électrolyte de l'élément photovoltaïque était une solution de $0^g,052$ de fluorescéine acide dans de l'eau acidulée contenant 6 mol-grammes de SO^4H^2 par litre de solution.

Dans les expériences décrites ici, nous avons employé la méthode d'opposition de mesure forces électromotrices, un électromètre capillaire servant d'instrument de zéro; il était sensible à $0,5.10^{-4}$ volt et sa capacité de polarisation était un peu supérieure à 100^{cm}.

Les mesures de ce genre nécessitent des précautions; en effet, chaque lecture trouble l'évolution de la f. é. m. Une opposition erronée par excès accroît celle-ci et inversement, sans que la durée de la mise en circuit de l'électromètre intervienne. Ce phénomène est causé par la capacité relativement grande de l'électromètre; les piles supportent mal le courant de charge dû à la faible différence de potentiel provenant de l'écart d'opposition.

Aussi avons-nous adopté la méthode suivante : chaque lecture provient d'une seule opposition dont la valeur est appréciée d'avance approximativement par continuité. On note soit l'équilibre, soit la valeur et le sens de l'écart. Sur le graphique f. é. m.-temps on marque le point correspondant à l'opposition réalisée; on n'y fait passer la courbe que s'il y a équilibre, sinon, on la fait passer du côté commandé par le sens de l'inégalité et à une distance donnée par la grandeur du déplacement du ménisque et par l'allure de la courbe.

Ce procédé a l'avantage de permettre de discerner les écarts de la f. é. m. dus aux mesures. Sa précision n'est que de 10^{-2} à 10^{-3} volt lorsque la f. é. m. varie rapidement, mais elle devient excellente sur un palier (10^{-4} volt).

Si par contre, suivant la méthode ordinaire, on effectue plusieurs oppositions consécutives pour se rapprocher d'un équilibre véritable, le nombre des oppositions faites doit être aussi faible que possible, la valeur de la f. é. m., observée à l'équilibre dépendant du sens des erreurs commises à chaque essai.

Résultats de la nouvelle méthode. — 1° Pile neuve maintenue longtemps dans l'obscurité : la f. é. m. varie d'une manière capricieuse; elle se fixe plus ou moins longtemps sur des paliers dont les ordonnées ont un plus grand commun diviseur V_1.

2° Pendant un éclairement commencé sur un palier d'ordonnée faible mais nettement marqué, l'électrode éclairée devient positive par rapport à l'autre. La pente de la courbe au début de l'éclairement est une fonction

croissante de l'intensité lumineuse. Au bout de 5 à 10 minutes, la f. é. m. oscille souvent entre des paliers voisins d'une grande valeur positive ou bien décroît lentement, s'annule, change parfois de signe et atteint une valeur négative de l'ordre de — 0,1 volt.

Au cours de cette évolution, de nombreux paliers apparaissent dans les deux cas; leurs ordonnées sont toujours multiples du même nombre V_1 signalé plus haut.

3° Après un éclairement, surtout s'il est prolongé, la f. é. m. tend à s'annuler après une variation irrégulière en passant par une série de paliers correspondant encore à des multiples de V_1.

4° Quand on polarise les électrodes dans l'obscurité par une différence de potentiel de 0,01 volt, la f. é. m. décroît ensuite en s'arrêtant sur des paliers appartenant toujours à la même série.

Les ordonnées des paliers forment une progression arithmétique complète; on passe, en effet, de l'un d'eux au suivant par des éclairements modérés arrêtés au moment voulu.

En résumé, la méthode décrite a permis d'établir que la f. é. m. des éléments étudiés est susceptible de stationner sur des valeurs discontinues de la forme $V = nV_1$, n étant un nombre entier algébrique.

L'équidistance des paliers est $V_1 = 1{,}3.10^{-3}$ volt. Nous l'avons retrouvée dans une pile à solution sulfurique de fluorane ($0^g{,}018$ de fluorane dans de l'eau acidulée à 8,4 mol-gr de SO^4H^2 par litre de solution).

La loi n'est pas de la forme $V = nV_1 + V_2$. Il existe donc une relation étroite entre les valeurs des f. é. m. des paliers et la dissymétrie initiale; celle-ci n'est pas quelconque, car elle satisfait à la formule générale qui donne les ordonnées des paliers.

MAGNÉTISME. — *Propriétés magnétiques et structure cristalline dans les différentes variétés de sulfate de cobalt anhydre.* Note [1] de M. **R. Hocart** et M[lle] **A. Serres**, transmise par M. Pierre Weiss.

Le sulfate de cobalt anhydre obtenu par calcination du sulfate 7 aq. est une poudre considérée comme amorphe.

Selon que la calcination a été faite vers 400° ou vers 700° on obtient l'une ou l'autre de deux variétés distinctes au point de vue magnétique [2];

---

(1) Séance du 30 novembre 1931.

(2) A. Chatillon, *Thèse*, Strasbourg, 1927.

la première (sulfate I) est caractérisée par un moment de 25 magnétons; la deuxième (sulfate II) a un moment de 26 magnétons ([1]).

Le sulfate de cobalt anhydre obtenu par cristallisation dans le bisulfate d'ammoniaque et appelé sulfate octaédrique par Klobb ([2]) possède 26 magnétons ([3]) comme le sel II; nous le désignerons par II *bis*.

Nous avons fait les spectres Debye-Scherrer (K_α du fer) de ces trois variétés I, II, II *bis* et nous avons constaté :

1° Que les variétés I et II sont cristallisées, tout comme II *bis*, mais en cristaux submicroscopiques;

2° Que les spectres des sels II et II *bis* sont identiques, comme leurs moments atomiques.

Les trois variétés envisagées ci-dessus se réduisent donc à deux, au double point de vue de la structure cristalline et des propriétés magnétiques.

En outre, nous avons fait les observations suivantes :

Le sulfate II *bis* (= II) « dit octaédrique » peut être obtenu en petits cristaux, à faces peu planes, dont les dimensions sont de l'ordre du demi-millimètre; ces cristaux sont orthorhombiques; ils présentent le prisme $m(110)$ et le brachydome $e^2(012)$; l'observation des directions d'extinction en lumière polarisée confirme la symétrie déduite des mesures d'angles et indiquée ici.

La méthode du cristal tournant appliquée au sulfate orthorhombique II *bis* (= II) a donné les paramètres suivants :

$$a = 4{,}6_5\,\text{Å}, \qquad b = 6{,}7_1\,\text{Å}, \qquad c = 8{,}4_5\,\text{Å}.$$

La maille élémentaire contient $4\,SO^4Co$ (3,82).

Le calcul des raies du spectre Debye pour le sel I (qu'on ne peut pas étudier au cristal tournant) à partir des paramètres absolus déterminés pour le sel II (cristal tournant) et vérifiés sur le spectre Debye II, permet de retrouver, avec une précision de 0,5 pour 100, les raies (observées) du spectre I en leur attribuant des indices simples. (Chacun de ces spectres présente une trentaine de raies dont une dizaine sont des raies fortes; les deux tiers des raies ont même position et mêmes indices dans les deux spectres mais non même intensité; toutes les raies ont pu être identifiées.)

([1]) Mlle A. Serres, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 714.

([2]) Klobb, *Comptes rendus*, 114, 1892, p. 836. Voir aussi Lachaud et Lapierre, *Bull. Soc. chim.*, 7, 1895, p. 600.

([3]) Mlle A. Serres, *Thèse*, Strasbourg, 1931.

On peut donc affirmer que les sels I et II ont les mêmes paramètres absolus (à un petit multiple entier près) mais qu'ils diffèrent par l'arrangement des atomes à l'intérieur de la maille.

En résumé nous avons montré qu'il existe deux variétés de sulfate de cobalt anhydre qui sont toutes deux cristallisées et de symétrie orthorhombique; elles ont mêmes dimensions de maille cristalline (à un petit multiple entier près) mais des structures différentes et le changement de structure doit être mis en parallèle avec le changement de propriétés magnétiques.

POUVOIR ROTATOIRE. — *Action de l'acide borique et des borates sur le pouvoir rotatoire du glucose, du galactose et du fructose.* Note de M. **E. Darmois** et Mlle **R. Peyroux**, présentée par M. Ch. Fabry.

D'après Bœseken [1] le glucose augmente la conductibilité électrique de l'acide borique; cet auteur a même déduit de l'étude détaillée de cette action que le glucose α est la forme qui contient deux groupes OH sur deux carbones adjacents et du même côté du plan de l'anneau.

L'effet de l'acide borique sur le pouvoir rotatoire du glucose est cependant très faible. Exemple : une solution aqueuse de glucose 2M, préparée depuis quelque temps, donne [2] $\alpha_V^{2\,dm} = +45°,60$; une solution saturée en acide borique et 0,5 M en glucose donne $\alpha_V^{2\,dm} = +11,41$, soit exactement le quart de la valeur précédente.

Plusieurs auteurs ont signalé au contraire que le borax abaissait [α] pour le glucose; M. Levy et E. A. Doisy [3] ont montré que l'effet n'était pas instantané quand on dissolvait le glucose solide dans la solution de borax, les glucoses α et β donnant d'ailleurs la même rotation finale, inférieure à celle du mélange en équilibre $\alpha \rightleftharpoons \beta$. Exemple : le glucose 0,5 M donne $[\alpha]_D = 52°,5$ dans l'eau pure et 48° dans le borax 0,05 M.

Les variations de [α] sont beaucoup plus grandes quand on emploie des borates plus riches en soude. Avec BO^2Na, [α] devient même négatif, montrant nettement l'existence d'un composé lévogyre entre le borate et le glucose. Nous avons suivi la formation de ce composé en étudiant la mutarotation de mélanges de glucose dissous avec des borates plus ou moins

---

(1) *Rec. Trav. chim. P.-B.*, 40, 1921, p. 553.

(2) V désigne la raie verte du mercure.

(3) *J. Biol. Chem.*, 84, 1929, p. 749.

riches en soude. L'action du borate est déjà sensible quand la proportion Na : B $= \frac{1}{\frac{7}{4}}$. A la température de 20°, le mélange de 5$^{cm^3}$ glucose 2M avec 15$^{cm^3}$ BO^2Na 2M donne les rotations suivantes :

Temps (min.)......	1.	1,70.	2,30.	3,10.	3,75.	9,10.	169.
α_V^{2dm}..............	−0,64	−1,50	−1,80	−1,91	−1,94	−1,82	−1,42

On voit que la rotation prend rapidement des valeurs négatives; après avoir atteint un minimum, elle tend vers une limite. La vitesse de la mutarotation dépend nettement de la température. A 1°,5, le même mélange donne les valeurs suivantes :

T........	2.	4.	5,5.	7.	9,2.	11.	14,75.
α_V^{2dm}......	+1,30	−0,55	−1,05	−1,38	−1,76	−1,98	−2,17
T........	17,5.	20.	22,5.	25.	32.	40.	68.
α_V^{2dm}......	−2,21	−2,25	−2,235	−2,26	−2,23	−2,20	−2,17

Le maximum n'est atteint ici qu'après 25 minutes; il est possible dans ces conditions de faire des mesures précises de la vitesse. On constate en même temps que la dispersion rotatoire de la solution est très différente de celle du glucose. Par exemple, pour la solution à (α) minimum, le rapport $(\alpha)_{4358} : (\alpha)_{5780} = 2,50$, alors qu'il est 1,88 pour le glucose pur; on a donc affaire nettement à un mélange du glucose non combiné avec un corps gauche à dispersion plus forte.

Nous avons étudié ainsi des mélanges divers de borate et de glucose, pris à des solutions de concentration équivalente ou non. Si l'on désigne par α_∞^1 la rotation minimum correspondant à la première partie de la mutarotation, par α_∞^2 la rotation limite de la deuxième partie, l'expérience montre que les courbes $\log(\alpha - \alpha_\infty) = f(t)$ sont très sensiblement des droites, ce qui permet d'extrapoler graphiquement les rotations initiales α_0^1 et α_0^2 correspondant aux deux parties. Pour les mélanges de Bo^2Na et glucose 2M, à 20°, le tableau suivant donne ces diverses quantités; la dernière colonne indique la rotation qui serait due au glucose seul :

Glucose (cm³).	Borate (cm³).	α_0^1.	α_0^2.	α_∞^2.	α Gl. pur.
2,5	17,5	+0,58	−1,02	−1,02	+5,7
5	15	+2,74	−2,12	−1,42	11,40
7,5	12,5	−	0,00	2,30	17,1
10	10	−	+8,30	13,90	22,80
15	5	−	27,08	32,0	34,2
20	0	45,60	45,60	45,60	45,60

Pour les fortes proportions de glucose, la partie initiale est difficile à suivre; on y arrive en opérant avec des solutions non équivalentes. En construisant la courbe des α_0^1, ou mieux ici des α_0^2, en fonction de la quantité de glucose, on obtient une courbe qui s'écarte considérablement de la droite donnée par les chiffres de la dernière colonne. L'écart le plus grand avec l'additivité correspond à la proportion glucose : borate $= \frac{1}{2}$.

Le composé aurait donc pour formule probable $[2B.Gl]Na^2$. L'ensemble des mesures permet d'étudier sa stabilité; on trouve

$$K = \frac{[\text{Glucose}][\text{Borate}]}{[\text{Complexe}]} = 0,21$$

à 20°. En appliquant la loi d'action de masses au mélange dont la composition est celle du complexe, on calcule que ce mélange doit contenir 67 pour 100 de glucose combiné; le complexe donnerait $[\alpha]_V = -23°,4$.

Nous avons fait des mesures analogues avec le galactose et le lévulose; ces deux sucres donneraient des complexes de même formule et de stabilité voisine dont les $(\alpha)_V$ sont respectivement $-45°,1$ et $+9°,8$. Le lévulose toutefois donne un autre complexe plus stable et lévogyre.

Tous ces complexes sont réalisés en milieu basique; par exemple le pH de $BO^2Na.2M$ est supérieur à 10; la présence du glucose abaisse ce pH, mais la liqueur reste toujours alcaline. La brusque chute initiale de α, par exemple de $+11,4$ à $+2,74$ dans le tableau ci-dessus, ne peut être confondue avec la chute beaucoup plus faible de α du glucose pur en milieu alcalin. Il faut donc admettre que le glucose et le borate se combinent instantanément pour donner un complexe critique ayant la formule indiquée ci-dessus, mais dont l'arrangement interne n'est terminé qu'au bout de quelques minutes. Cette explication de la première partie de la mutarotation est d'accord avec le fait que l'addition d'un sel neutre n'a pas d'effet sur la vitesse de réaction. La deuxième partie de la mutarotation est d'une explication plus difficile; peut-être s'agit-il d'un nouvel arrangement du complexe; la courbe des α_∞^2 conduit en effet à la même formule dans le cas du glucose.

Lévy et Doisy (*loc. cit.*) ont montré que la combinaison était réversible; on retrouve le glucose en acidulant par HCl pour mettre l'acide borique en liberté. Si l'addition de HCl est faite rapidement, on constate que le glucose mis en liberté présente une mutarotation. Exemple 10^{cm^3} d'un mélange glucose-borate 2M sont versés dans 30^{cm^3} environ HCl 0,5 M; on complète à 50^{cm^3} environ et on lit α.

T (min.).	1,60.	2,60.	3,40.	7,00.	10,6.	14,85.	18,00.
α_V^{2dm}........	2,79	2,82	2,79	2,75	2,72	2,67	2,645

Le glucose mis en liberté ne peut être du glucose β; nous cherchons à distinguer entre les deux hypothèses du glucose α et du glucose γ (glucofuranose).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'action des essences d'hydrogénation comme stabilisante.* Note (¹) de M. **L. Jacqué**, présentée par M. G. Charpy.

La miscibilité de l'alcool éthylique et de l'éssence de pétrole, ainsi que la stabilité des mélanges résultants sont d'autant moins complètes, en règle générale, que le titre de l'alcool est plus faible et que l'essence à un fractionnement plus élevé.

De nombreux travaux expérimentaux ont toutefois montré que les miscibilité et stabilité peuvent être notablement améliorées par l'adjonction de divers tiers-solvants, en particulier du benzol; tout récemment M. Dumanois (*Revue Pétrolifère*, n° 444, 1931, p. 1323 et 1375) a montré l'intérêt des adjonctions de benzol et éventuellement des produits obtenus par les procédés d'hydrogénation.

Sur ce point, nous avons entrepris l'étude de l'action, sur divers mélanges d'essence et d'alcool, des essences (distillant jusqu'à 200°C.) résultant de l'hydrogénation catalytique des produits de carbonisation de la houille.

Nous avons constaté que l'essence d'hydrogénation du goudron primaire exerce sur les mélanges essence de pétrole-alcool une action stabilisante marquée; cette propriété semble d'ailleurs devoir être commune à la plupart des produits légers résultant du traitement des dérivés de la houille par les techniques d'hydrogénation sous pression et doit être principalement attribuée à leur teneur élevée en hydrocarbures aromatiques.

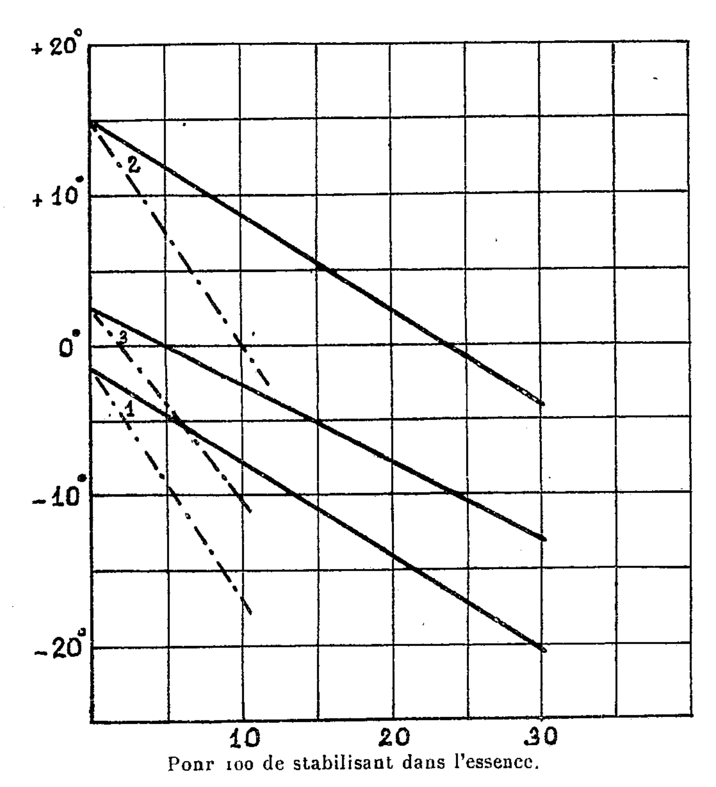
Les expériences suivantes mesurent l'efficacité de cette action : nous avons déterminé les températures de trouble des mélanges essence-alcool dans lesquels une partie de l'essence de pétrole était progressivement remplacée par de l'essence d'hydrogénation de goudron primaire.

Dans chaque série d'essais, la proportion (25 pour 100 en volume) de l'alcool et son titre restaient rigoureusement constants. Les températures

(¹) Séance du 30 novembre 1931.

de trouble sont données par les lignes en trait plein de la figure ci-dessous, en fonction de la teneur de l'essence en essence d'hydrogénation. Les lignes interrompues représentent, à titre de comparaison, l'action stabilisante du benzol.

Les courbes 1 se rapportent au mélange de 75^{vol} d'essence lourde de



Ponr 100 de stabilisant dans l'essence.

Stabilisant ———————— Essence 50. 200° d'hydrogénation de goudron primaire.
Stabilisant —·—·—·— Benzol 75. 130° raffiné pour moteurs (85 °/₀ < 100°).
Les points expérimentaux n'ont pas été représentés, ils s'alignent sur les droites de la figure à 0°,2 près, ordre des erreurs d'expérience

Grozny ($d_{15} = 0{,}742$) et de 25^{vol} d'alcool à 99° G.-L. La température de trouble, qui est de — 1°,5 pour le mélange initial, est abaissée au-dessous de — 15° lorsque l'essence de pétrole contient 21 pour 100 (en volume) d'essence d'hydrogénation. Le même résultat peut être obtenu par l'adjonction de 9 pour 100 de benzol.

Les lignes 2 se rapportent de même au mélange de 75^{vol} de la même essence lourde avec 25^{vol} d'alcool à 97°,5 G.-L. On voit que, dans ces conditions, *qui reviennent à introduire environ* 0,4 *pour* 100 *d'eau dans les*

mélanges précédents, la stabilité cesse, en l'absence de stabilisant, *dès qu'on descend au-dessous de* + 15°. Il suffit d'utiliser de l'essence contenant 24 pour 100 d'essence d'hydrogénation de goudron primaire ou 10 pour 100 de benzol pour obtenir la stabilité jusqu'à 0°.

Nous avons étudié d'autre part le mélange de 75^{vol} d'essence *tourisme* ($d_{15} = 0,728$) et de 25^{vol} d'alcool; ce mélange reste stable jusqu'à — 15°, s'il s'agit d'alcool à 99, mais il se trouble dès + 2°,5 si l'on ajoute 0,4 pour 100 d'eau. Il suffira, dans ce cas, d'employer de l'essence contenant 24 pour 100 d'essence de goudron primaire ou 10 pour 100 de benzol pour ramener la stabilité au-dessous de — 10° (lignes 3).

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'ammoniac et des amines sur le tétraiodure de germanium.* Note de MM. **T. Karantassis** et **L. Capatos**, présentée par M. G. Urbain.

Le tétraiodure de germanium GeI^4 forme avec l'ammoniac, les amines et la quinoléine des combinaisons où le nombre de molécules de ces bases varie avec leur nature.

Préparation du tétraiodure de germanium, GeI^4. — Le tétraiodure a été préparé par la méthode de MM. J. Bardet et A. Tchakirian [1]. Un excès d'oxyde de germanium GeO^2 est attaqué par l'acide iodhydrique concentré et chauffé au bain-marie. La solution est évaporée à sec. L'iodure formé est dissous dans le chloroforme. L'excès d'oxyde est séparé par filtration. La solution chloroformique laisse déposer par évaporation des cristaux octaédriques réguliers d'un rouge orangé.

Tétraiodure de germanium et ammoniac. — Si l'on fait passer un courant d'ammoniac sec dans une solution de tétraiodure de germanium dans le tétrachlorure de carbone, un précipité blanc micro-cristallin se dépose. On essore et sèche à l'air. Cette poudre blanche est soluble dans l'eau, et correspond, d'après l'analyse, à la formule : $GeI^4.8NH^3$.

	Trouvé.	Calculé.
I pour 100	71,51	70,87
Ge »	9,72	10,13

Tétraiodure de germanium et éthylamine. — Si l'on fait agir l'éthylamine anhydre et liquide sur le tétraiodure de germanium sec, on obtient,

[1] Communication personnelle.

après une réaction violente, une masse blanche formée de cristaux prismatiques, solubles dans l'eau et insolubles dans l'éther anhydre qui les attaque lentement. D'après l'analyse le produit correspond à la formule : $GeI^4.6C^2H^5NH^2$.

	Trouvé.	Calculé.
I pour 100	59,30	59,71
Ge »	8,12	8,53

On obtient le même produit en ajoutant de l'éthylamine à une solution de tétraiodure de germanium dans le tétrachlorure de carbone.

Tétraiodure de germanium et diéthylamine. — Si l'on ajoute une solution de diéthylamine dans le tétrachlorure de carbone à une solution d'iodure de germanium dans le même solvant, on obtient un précipité blanc cristallin formé de petites aiguilles solubles dans l'eau. On essore et sèche à l'air. L'analyse conduit à la formule $GeI^4.10(C^2H^5)^2NH^2$, d'après la contenance en germanium

	Trouvé.	Calculé.
I pour 100	-	-
Ge »	5,54	5.57

Tétraiodure de germanium et triéthylamine. — On opère comme précédemment avec la triéthylamine. Il se forme un précipité rouge qui essoré et séché devient blanc. Ce produit analysé correspond à la formule $GeI^4, 5(C^2H^5)^3N$

	Trouvé.	Calculé.
I pour 100	47,53	46,70
Ge »	6,98	6,68

Tétraiodure de germanium et aniline. — Avec l'aniline fraîchement distillée on a un précipité blanc qui essoré et séché donne une poudre blanche légèrement crème, soluble dans l'acide sulfurique étendu, insoluble dans l'éther anhydre et le chloroforme. L'analyse du produit conduit à la formule $GeI^4, 4C^6H^5NH^2$

	Trouvé.	Calculé.
I pour 100	53,35	53,40
Ge »	7,39	7,61

Tétraiodure de germanium et orthotoluidine. — On opère comme précédemment en mélangeant les solutions d'orthotoluidine et de tétraiodure dans le tétrachlorure de carbone : il se forme un précipité blanc cristallin qui correspond à la formule $GeI^4, 6CH^3.C^6H^4NH^2$(o).

	Trouvé.	Calculé.
I pour 100	47,01	47,45
Ge »	5,70	5,93

Tétraiodure de germanium et quinoléine. — On obtient avec la quinoléine, en opérant comme précédemment, un précipité rouge sang, qui, après essorage et séchage sur l'acide sulfurique et dans le vide, devient jaune. C'est une poudre jaune, soluble dans l'alcool méthylique et qui répond à la formule $GeI^4 . 10C^9H^7N$.

	Trouvé.	Calculé.
I pour 100	27,50	27,10
Ge »	3,71	3,88

Pour analyser les produits ci-dessus on les dissout dans une solution d'acide sulfurique 6N et l'on précipite le germanium à l'état de sulfure. Le sulfure est oxydé par l'acide nitrique concentré. On pèse l'oxyde de germanium. Dans le filtrat du sulfure on dose l'iode.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation de l'alcool éthylique par l'air en présence des catalyseurs charbon-cuivre.* Note (1) de M. **Martinéau**, présentée par M. G. Urbain.

L'oxydation de l'alcool éthylique en aldéhyde, par l'oxygène de l'air, en présence de catalyseurs, a fait l'objet de nombreuses expériences. Les catalyseurs utilisés sont variés, citons en particulier les métaux divisés, le charbon actif, les oxydes métalliques.

Pour les métaux et le charbon, la réaction n'a lieu qu'au-dessus de 100° environ; pour les oxydes, les expériences faites indiquent comme nécessaires des températures allant de 300° environ (ZnO) jusque vers 600° (CuO).

Nous avons cherché à montrer que la réaction se fait à des températures bien plus basses en associant convenablement deux catalyseurs, le cuivre réduit et le charbon actif.

Les vapeurs d'alcool, mélangées d'air purifié, passent dans des tubes à catalyse, l'aldéhyde formé est entièrement absorbé par barbotage de l'air dans de l'eau glacée. Le dosage de l'aldéhyde se fait par méthode colorimétrique, en comparant au réactif de Schiff à une solution connue

(1) Séance du 16 novembre 1931.

d'aldéhyde. La sensibilité indique une oxydation de l'alcool de l'ordre du 10^{-4}.

1° Le charbon actif utilisé ne catalyse pas la réaction au-dessous de 110°. Il en est de même pour le cuivre réduit. Le mélange des deux corps, bien intimement fait, n'agit pas également au-dessous de cette température.

Il faut atteindre 116°-120° pour que ce mélange donne un commencement d'oxydation ($2,4.10^{-4}$).

2° Le catalyseur actif est obtenu en libérant chimiquement le cuivre sur le charbon. A cet effet, un mélange intime du charbon et d'hydrate (ou carbonate) de cuivre est mis à digérer 24 heures avec peu d'ammoniaque, puis séché à l'étuve (140°). Il suffit de chauffer la poudre obtenue vers 250°, en creuset couvert, pour que le charbon libère le cuivre de l'oxyde.

Le catalyseur est alors extrêmement actif, comme le montrent les résultats suivants pour les divers mélanges :

$(1\,C)\left(\frac{1}{10}\,Cu\right)$.	
66°	16.10^{-4}
80	44 »
95	96 »

$(1\,C)\left(\frac{1}{5}\,Cu\right)$.	
64°	54.10^{-4}
72	82 »
80	134 »
94	276 »

$(1\,C)\left(\frac{1}{2}\,Cu\right)$.	
63°	154.10^{-4}
71	180 »
80	216 »
94	274 »

$(1\,C)(1\,Cu)$.	
63°	96.10^{-4}
72	175 »
80	231 »
94	264 »

$(1\,C)(2\,Cu)$.			
63°	63.10^{-4}	72°	140.10^{-4}
81	207 »	94	242 »

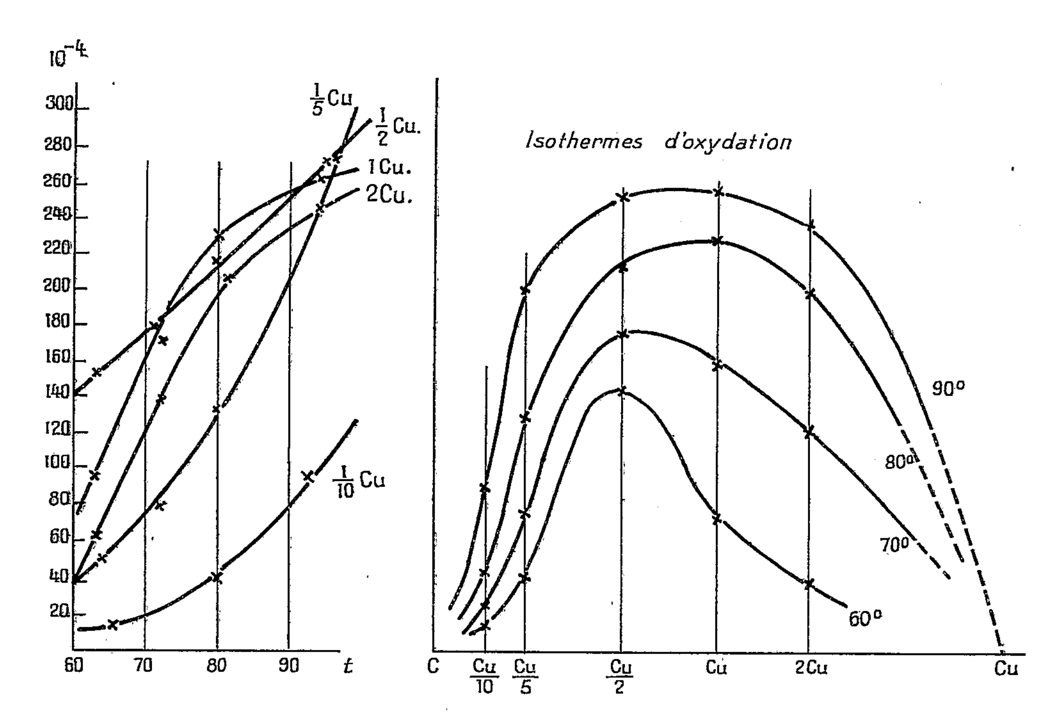
Les résultats obtenus sont alors parfaitement comparables et, si on les rapporte à la composition du catalyseur, les courbes ci-dessous indiquent nettement un maximum d'activité pour une proportion de Cu/C variant de 1/2 à 2/3 suivant la température.

Il est d'ailleurs difficile d'aller au delà de C.2Cu, car la réduction se fait brutalement, avec incandescence, et le catalyseur donne des résultats incertains.

Détails expérimentaux. — Pendant toutes les expériences, le débit des

gaz doit être maintenu le même. La longueur de la colonne du catalyseur est toujours la même (30^{cm}). L'alcool doit être purifié, notamment en vue d'enlever l'aldéhyde qu'il contient. Les premières portions distillées sur de la baryte caustique sont rejetées.

Le charbon actif, quoique n'agissant pas normalement, est lavé à l'eau



bouillante. Le carbonate de cuivre est purifié par plusieurs lavages à chaud dans des solutions étendues de carbonate d'ammonium (présence de SO^4Na^2).

Le dosage colorimétrique donne de bons résultats, en se plaçant toujours dans les mêmes conditions, par comparaison avec le réactif de Schiff. On prend mêmes volumes des solutions à comparer, mêmes volumes de réactif. La température doit être la même. L'action de ces divers facteurs est loin d'être négligeable.

La solution d'aldéhyde servant à l'essai a été prise à 10^{-4} d'aldéhyde pur ($E = 22°$) dans l'eau, mais on a avantage, pour conserver plusieurs semaines une solution de titre invariable, à lui ajouter 10 fois plus de paraldéhyde.

Pour les expériences faites au-dessous de 90°, le catalyseur retient de

fortes quantités d'aldéhyde, qu'il faut enlever par quelques lavages à l'eau.

D'autres expériences sont en cours pour montrer qu'une telle action n'est pas limitée au couple charbon-cuivre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation de l'α-phényléthylamine et son dédoublement en constituants actifs.* Note de MM. **Émile André** et **Charles Vernier**, présentée par M. Delépine.

L'α-phényléthylamine a déjà été l'objet de nombreuses recherches. Julius Tafel l'obtint en 1886 par réduction de la phénylhydrazone de l'acétophénone (1). Divers modes de préparation ont été préconisés depuis lors; celui qui fait l'objet de la présente Note présente sur les procédés anciens l'avantage d'être facile et de fournir un rendement élevé.

Préparation. — Nous avons obtenu l'α-phényléthylamine en appliquant au bromure secondaire de phénéthyle $C^6H^5 - CHBr - CH^3$ une réaction préconisée en 1897 par M. Delépine (2). Elle consiste à combiner les halogénures d'alcoyles avec l'hexaméthylène-tétramine. Cette réaction restait jusqu'ici limitée aux halogénures d'alcoyles primaires; en général les halogénures d'alcoyles secondaires ne réagissent pas et nous avons sans succès essayé de combiner le bromure de butyle secondaire avec l'hexaméthylène-tétramine. Au contraire, le bromure d'α-phénéthyle s'est combiné très facilement avec cette dernière base. La réaction étant pratiquée au sein du chloroforme, nous avons obtenu avec un rendement théorique le bromure de N-α-phénéthylhexaméthylène-ammonium. C'est un produit blanc, cristallisé, peu soluble dans le véhicule au sein duquel il s'est formé et qu'il suffit d'essorer pour l'avoir pur.

Ce produit complexe a été décomposé en le chauffant à reflux avec l'alcool à 95° et l'acide chlorhydrique concentré. On a chassé ensuite par distillation le diéthylformal qui prend naissance. Comme l'a indiqué M. Delépine, plusieurs attaques, suivies chaque fois d'une distillation, sont nécessaires. L'importance de leur nombre et de leur durée est particulièrement marquée dans le cas présent. Pour en donner une idée, les rendements en phényléthylamine de deux opérations conduites différemment ont été de 43 pour 100 (3 attaques brèves) et de 67 pour 100 (4 attaques prolongées).

---

(1) *Berichte d. deuts. ch. Ges.*, 22, 1889, p. 1856.

(2) *Bull. Soc. chim.* 3e série, 17, 1897, p. 290.

Il est donc possible de conduire la réaction de manière à obtenir des rendements de 70 pour 100 environ de la quantité théorique calculée à partir du poids de bromure d'α-phénéthyle mis en œuvre. Lorsque les attaques chlorhydroalcooliques sont terminées, l'amine libérée de son bromhydrate est extraite à l'éther, la solution éthérée est séchée, l'éther récupéré et la base distillée dans le vide (Eb. 87° sous 24^{mm}).

Dédoublement. — L'amine obtenue est le composé racémique. Divers procédés de dédoublement ont été indiqués par Lovén ([1]), Pope et Harvey (1899)([2]), Marckwald et Meth (1905) ([3]) et Ingersoll (1925) ([4]). Nous avons suivi pour dédoubler l'α-phényléthylamine la méthode de Lovén, mais en la modifiant. Nous avons utilisé l'action conjuguée des acides *l*-quinique et *d*-tartrique, au lieu d'utiliser les acides *l*-malique et *d*-tartrique; le prix de l'acide *l*-malique est en effet absolument prohibitif.

La solution alcoolique concentrée d'α-phényléthylamine racémique est saturée par l'acide *l*-quinique. Il se forme une bouillie cristalline qu'on essore et qu'on fait recristalliser. Le quinate gauche de l'amine gauche, très soluble dans l'alcool, s'est accumulé dans les eaux mères; celles-ci, évaporées, fournissent un sel dont on peut extraire une base constituée par parties égales d'amine gauche et d'amine racémique.

Pour en retirer l'amine gauche, on suit alors exactement le procédé indiqué par Lovén. Le mélange est combiné au sein de l'eau à l'acide *d*-tartrique en quantité calculée pour obtenir les tartrates acides. Le tartrate droit de base gauche est nettement le moins soluble, il se sépare et peut être purifié facilement par une ou deux recristallisations dans l'eau. On l'obtient en très beaux cristaux.

L'α-phényléthylamine gauche qu'on en retire possède à la température de 18° (tube de 1^{dm}) une rotation de —38°.

L'amine droite est obtenue avec plus de difficultés, en faisant recristalliser un grand nombre de fois dans l'alcool le *l*-quinate qui se sépare en premier lieu lorsque l'on combine en milieu alcoolique la base racémique avec cet acide. Le sel pur en solution dans l'alcool méthylique à 99° à la dilution 10 (1^{g} dans 10^{cm^3}) possède un pouvoir rotatoire spécifique $[\alpha]_D^{20} = -10°48'$. On en retire facilement la base droite.

([1]) *Journ. f. prakt. Chem.*, 2e série, 72, 1905, p. 307.
([2]) *Chem. Soc. Trans.*, 75, 1899, p. 1110.
([3]) *Berichte d. deuts. ch. Ges.*, 38, 1905, p. 801.
([4]) *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 47, 1925, p. 1168.

En résumé, nous avons préparé l'α-phényléthylamine par une méthode non encore utilisée pour sa préparation et qui permet de l'obtenir avec de bons rendements; d'autre part, nous avons amélioré le procédé de dédoublement de la base racémique en évitant l'emploi très coûteux de l'acide malique actif.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la synthèse des aldéhydes [para-alcoxyméthyl] benzoïques.* Note de M. **Sébastien Sabetay**, présentée par M. Delépine.

M. R. Quelet (1) décrit la synthèse de l'aldéhyde [para-méthoxyméthyl] benzoïque

$$C^6H^4\begin{cases} CHO & (1) \\ CH^2OCH^3 & (4), \end{cases}$$

qu'il prépare en traitant le dérivé chloré

$$C^6H^4\begin{cases} CH^2Cl & (1) \\ CH^2OCH^3 & (4) \end{cases}$$

par l'hexaméthylène-tétramine en solution hydroalcoolique. Il y a quelques années nous avons travaillé nous-même dans cette série, en utilisant une méthode différente. Nos essais n'ayant pas fait l'objet d'une publication, nous donnons ci-après quelques détails sur la préparation de ces aldéhydes.

Par bromuration à chaud (T = 140-150°) du *p*-xylène pur nous avons séparé, à côté d'autres produits bromés, *l'ω.ω.ω'-tribromo-paraxylène* (2)

$$C^6H^4\begin{cases} CHBr^2 & (1) \\ CH^2Br & (4). \end{cases}$$

F. 104-105° (éther de pétrole), lequel, chauffé à reflux avec un excès d'éthylate de Na dans l'alcool, nous a donné *l'acétal éthylique de l'aldéhyde [para-éthoxyméthyl] benzoïque*

$$C^6H^4\begin{cases} CH(OC^2H^5)^2 & (1) \\ CH^2OC^2H^5 & (4), \end{cases}$$

liquide à peine odorant, de saveur brûlante Eb_{14}, 142°. Celui-ci, hydrolysé par chauffage avec de l'eau contenant de l'acide sulfurique et de l'acide

(1) R. Quelet, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 939.
(2) Atkinson et Thorpe, *Journ. Chem. Soc.*, 91, 1907, p. 1698.

acétique nous a donné *l'aldéhyde [para-éthoxyméthyl]-benzoïque*,

$$C^6H^4\begin{cases}CHO & (1)\\ CH^2OC^2H^5 & (4),\end{cases}$$

Éb$_{14}$, 133-134°, liquide (¹) à odeur fruitée, dont la *phénylhydrazone* (aiguilles jaunes se décomposant à la longue) fondait à 86° (analyse : N calculé, 11,02 pour 100; trouvé, 11,13 pour 100).

Par action d'un excès de méthylate de Na dans l'alcool méthylique sur l'ω.ω.ω'-tribromo-paraxylène nous avons obtenu avec un rendement quantitatif, un liquide presque inodore, de saveur brûlante, Éb$_{16}$, 122-123°, représentant *l'acétal méthylique de l'aldéhyde [para-méthoxyméthyl] benzoïque*,

$$C^6H^4\begin{cases}CH(OCH^3)^2 & (1)\\ CH^2O.CH^3 & (4).\end{cases}$$

Celui-ci, hydrolysé, donne *l'aldéhyde* correspondant, dont la *semicarbazone*, cristallisée dans l'eau, fond à 186° (bloc Maquenne). M. R. Quelet trouve pour la même semicarbazone F. 182°.

Une série analogue de réactions avait été étudiée avec l'ω.ω.ω'-tribromo-orthoxylène.

Les propriétés lacrymogènes de certains systèmes bromés nous ont amené à imaginer la méthode de préparation commode de l'ω.ω'-dichloro-paraxylène (²), méthode réalisée en même temps que par nous, mais indépendamment de nous, par M. R. Quelet (³).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les N-chlorosulfonylamides et les N-chlorosulfonylsulfonamides*. Note de MM. **M. Battegay, L. Denivelle** et **J. Meybeck**, présentée par M. Delépine.

La poursuite de notre étude sur les acylhalogènes (⁴) et plus particulièrement sur le chlorure de sulfuryle (⁵) nous a conduits à la préparation

(¹) Au bout de quelque temps l'aldéhyde dépose un corps blanc, cristallisable dans l'eau chaude. Cette substance, à réaction acide, est très probablement l'acide [para-éthoxyméthyl] benzoïque, formé par autoxydation de l'aldéhyde.

(²) S. Sabetay et Y. Bléger, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 47, 1930, p. 670. — S. Sabetay, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1109.

(³) R. Quelet, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 47, 1930, p. 511.

(⁴) Battegay et Kern, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 41, 1927, p. 34.

(⁵) Battegay et Denivelle, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 492; *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 43, 1928, p. 940; 45, 1929, p. 691; 47, 1930, p. 606.

des N-chlorosulfonylamides et des N-chlorosulfonylsulfonamides, genres de composés encore connus.

Ces composés sont caractérisés par la présence du radical chlorosulfonyle — SO^2Cl fixé sur l'atome d'azote d'amides et de sulfonamides

$$R - N\,(\text{acidyle}) - SO^2Cl\,;$$

R pouvant être un atome d'hydrogène, un radical alcoyle ou aryle. Le groupe acidyle représente aussi bien un reste d'acide carboxylique que d'acide sulfonique.

La présente Note résume les résultats de nos premières investigations sur les dérivés arylés. Il convient de rappeler qu'en faisant réagir, sans précautions particulières, le chlorure de sulfuryle directement sur les arylamides ou arylsulfonamides, il ne se forme que des produits chlorés (1) dans le noyau aryle de l'amine.

Le principe qui permet, par contre, d'aboutir aux composés N-chlorosulfonylés, consiste à mettre en œuvre, non pas les amides et les sulfonamides, mais leurs dérivés métalliques et organométalliques, par exemple, les composés sodés, potassés, organomagnésiens, sur lesquels le chlorure de sulfuryle réagit facilement à basse température. L'opération est effectuée dans un solvant indifférent anhydre, où elle donne lieu à une séparation de chlorure métallique, et la formation du composé N-chlorosulfonylé qui demeure dissous. La liqueur filtrée et concentrée fournit le produit brut qui est purifié par cristallisation, A titre d'exemples, nous donnons les modes opératoires suivants :

Dans un ballon rigoureusement sec, 18g de formanilide sont dissous dans 300 cm³ d'éther desséché et additionnés de 3g,4 de sodium préalablement finement divisé (2). On chauffe à reflux jusqu'à disparition complète du métal. L'espèce de bouillie qui en résulte est additionnée, entre —5 et 0°, goutte à goutte, et en agitant énergiquement, de 20g,2 de chlorure de sulfuryle dans 75 cm³ d'éther desséché. La liqueur de réaction se fluidifie et sépare du chlorure de sodium qui est éliminé par filtration. Le filtrat lavé à l'eau glacée est décanté et desséché au moyen du sulfate de sodium. Après évaporation sous vide à sec, il donne un résidu coloré en orangé qui, cristallisé de l'éther, constitue, avec un rendement de 27,4 pour 100, des cristaux blancs et inodores

(1) L. Wenghöffer, *Journ. f. prakt. Chem.*, 16, 1877, p. 448; A. Wohl et F. Koch, *D. chem. Ges.*, 43, 1910, p. 3295; Schuloff, Pollak et Riesz, *D. chem. Ges.*, 62, 1929, p. 1846; J. Meybeck, *Thèse de doctorat*, 1931.

(2) Division obtenue par agitation dans du toluène bouillant. La préparation habituelle de la formanilide sodée par traitement de la formanilide en solution aqueuse par la soude caustique semble compromettre la réaction.

de N-chlorosulfonylformanilide $C^7H^6O^3NSCl$ ou $C^6H^5.N(CHO).SO^2Cl$, fondant à 80-81°.

Nous avons préparé de la même manière les N-chlorosulfonylacétanilide (P.F. 75°) et benzanilide (P.F. 109°,5-110°) ainsi que les N-chlorosulfonyl-*p*-toluène-sulfone-anilide (P.F. 139°), *o*-toluidide (P.F. 108°), *m*-toluidide (P.F. 126°) et *p*-toluidide (P.F. 166°).

Dans le cas de la N-chlorosulfonylbenzanilide, la formation de la combinaison métallique de la benzanilide ([1]) par action de sodium, potassium ou amalgame de sodium sur la benzanilide est difficile. En conséquence, nous avons préféré mettre en œuvre un dérivé organomagnésien avec la précaution d'utiliser, pour éviter les réactions secondaires que donne le chlorure de sulfuryle avec les bromo- et les iodomagnésiens, du chlorure de propylmagnésium.

Dans un ballon rigoureusement sec, $26^g,0$ de benzanilide, en suspension dans 200^{cm^3} d'éther anhydre, sont traités par le magnésien obtenu en faisant réagir 12^g de chlorure de propyle normal sur $3^g,64$ de magnésium, suivant la méthode classique de M. Grignard. La réaction est pour ainsi dire instantanée et se traduit par un dégagement de propane. Dès que ce dégagement a cessé, la liqueur de réaction est refroidie à une température voisine de 0° puis additionnée goutte à goutte, sous bonne agitation, de $20^g,2$ de SO^2Cl^2 dilué par 70^{cm^3} d'éther desséché. Après avoir abandonné le produit de réaction pendant quelques heures, il est filtré pour séparer un précipité qui n'est que partiellement soluble dans l'eau; la partie insoluble, encore à identifier, présente les réactions du chlore, du soufre et du magnésium. Le filtrat éthéré, évaporé sous vide à sec, conduit avec un rendement de 58 pour 100 à la N-chlorosulfonylbenzanilide.

D'une manière générale les différents composés N-chlorosulfonylés obtenus sont des produits bien cristallisés, stables à sec. L'eau qui, à froid, est presque sans action, produit toutefois, à la longue, une hydrolyse dont la vitesse dépend de la nature du radical acidyle. Cette vitesse est plus grande dans le cas du dérivé de la formanilide que dans celui du dérivé de l'acétanilide, lequel s'hydrolyse plus rapidement que le dérivé de la benzanilide. Les N-chlorosulfonyle-sulfonamides sont encore plus réfractaires à cette action hydrolysante. Il y a d'autre part une différence entre les dérivés d'amides et de sulfonamides, du fait que les premières forment, par suite de cette hydrolyse, des acides carboxylique, chlorhydrique et sulfurique alors que les secondes ne conduisent, dans les mêmes conditions, qu'à la sulfonamide et aux acides chlorhydrique et sulfurique.

Les tentatives de saisir les acides N-sulfoniques libres, en traitant, avec ménagement les composés N-chlorosulfonylés, par de l'alcali dilué puis par de l'acide dilué, n'ont pas réussi jusqu'à présent. Elles ont conduit aux pro-

---

([1]) WHEELER, *Am. Chem. Journ.*, 28, 1900, p. 453.

duits d'hydrolyse mentionnés plus haut. La formation intermédiaire des sels alcalins de ces acides N-sulfoniques ne fait, par contre, pas de doute. Elle a pu être contrôlée, d'une manière générale, par des titrations acidimétriques, et dans le cas de la N-chlorosulfonylacétanilide, nous avons pu isoler et identifier le sel de sodium.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le mode d'action des catalyseurs de scission dans le cracking hydrogénant des hydrocarbures à noyau polycyclique*. Note de MM. **André Kling** et **Daniel Florentin**, présentée par M. Camille Matignon.

Nous avons rappelé (¹) les principes qui président à la transformation des hydrocarbures lourds en hydrocarbures légers, dans le cracking hydrogénant.

Or les hydrocarbures à noyau polycyclique, de la série aromatique, sont particulièrement stables à haute température et l'on ne peut les transformer en carbures benzéniques qu'en faisant agir sur eux, outre l'hydrogène et la chaleur, des catalyseurs dits de rupture.

Dès 1925 nous avons indiqué que les chlorures terreux, ou ceux du groupe du fer, abaissent notablement le seuil de décomposition des hydrocarbures polybenzéniques.

Il a été proposé depuis, dans le même but, d'utiliser le soufre et les oxydes de molybdène. Le mode d'action de ce mélange est assez différent de celui du chlorure d'aluminium, car les oxydes de molybdène agissent, ainsi que nous l'avons déjà montré, comme des catalyseurs hydrogénants; la chaîne cyclique des hydronaphtalines formées par hydrogénation, qui est moins stable que celle de la naphtaline, s'ouvre assez aisément sous l'action de la chaleur.

Les oxydes de molybdène, l'oxyde de nickel et les autres catalyseurs hydrogénants, utilisés seuls, déterminent la transformation partielle de la naphtaline en carbures benzéniques, mais le rendement obtenu est très faible; celui-ci est augmenté lorsqu'on adjoint aux catalyseurs hydrogénants, soit du soufre, soit surtout de l'acide sélénieux. Néanmoins, ainsi que le montrent les chiffres ci-après, les catalyseurs du type chlorure d'aluminium sont nettement plus actifs, en l'absence d'eau.

(¹) Voir *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1023.

Ils permettent la transformation aisée de certains résidus de distillation du goudron : soit les huiles de naphtaline et d'anthracène, soit des fractions condensées des goudrons primaires, soit même certaines variétés de houille (en faisant intervenir ici également d'autres catalyseurs), en hydrocarbures benzéniques : en particulier benzène, toluène, *o*-xylène. Nous signalerons qu'à la faveur de ce procédé d'hydrogénation, on possède une méthode qui permet d'obtenir, en partant de la houille, ou de ses dérivés immédiats, des quantités, en principe illimitées, de carbures benzéniques, c'est-à-dire un carburant vraiment national, puisque tiré entièrement du sol français et qui, en outre, est apte à fournir nombre de substances utiles à l'industrie des colorants, des explosifs et des parfums.

Résultats numériques obtenus dans une bombe de laboratoire de 2 litres.

Catalyseurs.	Température maxima.	Durée de la réaction.	Pression maxima en kg-cm².	Rendement — Fraction <120°.	Rendement — Fraction 120-180°.	D_{15} de la fraction <120°.
		Naphtaline.				
Mo^2O^5	485°	240^m	250	5,4	22,0	0,840
NiO	487	240	280	6,5	7,0	0,872
MoS^2	492	210	270	24,5	13,1	0,875
$MoO^3 + S$	487	200	245	20,7	23,0	0,885
$MoO^3 + SeO^2$	485	180	280	21,0	18,0	0,873
Al^2Cl^6 (2 %)	487	230	290	26,5	20,0	0,880
		Anthracène.				
Mo^2O^5	475	180	225	2,0	4,0	–
Al^2Cl^6	475	240	230	18,0	15,0	0,862

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un procédé de préparation du cétène.* Note de Mlle **Églantine Peytral**, transmise par M. Paul Sabatier.

Les procédés de préparation du cétène $CH^2 = CO$ actuellement décrits ne permettent pas d'obtenir, de suite, un gaz pur.

J'ai signalé ([1]), après Wilsrudre, la présence du cétène en proportion importante, 30 pour 100, dans les produits de cracking de vapeurs d'an-

([1]) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 35, 1924, p. 960.

hydride acétique; la décomposition hydrogénée brusque de ces vapeurs s'effectue selon le *principe de la moindre déformation moléculaire* énoncé par M. J. A. Muller.

Réaction primaire :

$$\begin{matrix} CH^3CO \\ CH^3CO \end{matrix}\!\!>O = CH^2 = CO + CH^3CO^2H.$$

Il paraissait donc possible d'arriver à une *préparation* du cétène en isolant cette réaction primaire. J'ai réalisé l'expérience : le gaz obtenu est à plus de 99 pour 100 de cétène.

Les vapeurs d'anhydride acétique passent, à raison de 135 à 140^{mg} par seconde, dans un tube de platine de 2^{mm} de diamètre intérieur, maintenu, sur une longueur de 6 à 7^{cm}, à une température de 800°.

Une petite fraction seulement de l'anhydride est décomposée en cétène et acide acétique. Cet acide et l'excès d'anhydride sont condensés dans un réservoir en platine maintenu à 0°, les produits gazeux sont recueillis sur le mercure : 99 à 99,5 pour 100 de cétène, 1 à 0,5 pour 100 de gaz non absorbable par l'eau et composé principalement d'oxyde de carbone et d'éthylène.

Le cétène est rapidement dissous dans l'eau : le titre barytique de la solution est celui de l'acide acétique correspondant au volume de cétène mesuré.

D'autre part, la liqueur acide provenant de la dissolution de $165^{cm^3},6$ (à 0 et 760^{mm}) de cétène est traité par un excès d'oxyde d'argent. Après filtrage l'évaporation à sec laisse $1^g,2247$ d'un beau produit cristallisé. Acétate calculé pour $165^{cm^3},6$ de cétène : $1^g,2339$.

$0^g,4793$ de ce produit cristallisé sont brûlés dans le tube en quartz d'analyse :

	Trouvé.	Calculé pour CH^3CO^2Ag
C	14,35	14,38
H	1,90	1,81
O	»	19,17
Ag	64,51	64,68
		100,00

J'étudie la décomposition hydrogénée de ce cétène pur.

GÉOLOGIE. — *Les restes organiques et les roches oolithiques des formations sédimentaires anciennes de l'Afrique Équatoriale française (Bassins du Niari et de la Nyanga).* Note de M. V. **Babet**, présentée par M. L. Cayeux.

On sait que les formations anciennes du Congo sont complètement dépourvues de fossiles macroscopiques, ce qui rend ingrate l'étude géologique de cette importante région. Les premiers restes d'organismes ont été décrits par M. Cayeux ([1]). Ils provenaient de spécimens recueillis par l'ingénieur des mines Barrat et d'échantillons que j'avais rapportés de ma première mission en A. E. F. A la suite de cette découverte, je me suis efforcé, au cours de mon second séjour, de recueillir des échantillons de toutes les roches dont le faciès laissait supposer la présence de restes d'organismes. Les matériaux rapportés proviennent de divers niveaux de la série schisto-calcaire du Niari et de la Nyanga. Ce sont : 1° des calcaires oolithiques plus ou moins cristallisés, à la surface desquels se détachent souvent de petites masses d'oolithes agglomérées comme des œufs de poissons; 2° des calcaires tachetés, rosés, à structure rubanée avec des sortes de nervures que l'érosion à parfois mises en saillie, et qui ont l'aspect d'algues. A la partie supérieure ces calcaires passent à un horizon à fines aiguilles de calcite caractéristiques; 3° des calcaires silicifiés et des « cherts » qui sont à proprement parler des quartzolithes, dans lesquels on distingue des lits contenant pêle-mêle des oolithes, de petits bâtonnets, de petites nervures; 4° des roches siliceuses à petites oolithes discoïdales, trouvées dans les affleurements de roches « siliceuses polymorphes »; 5° des roches oolithiques noires de la zone des calcaires et des dolomies fétides. J'ai en outre rapporté quelques roches oolithiques du Bas Congo Belge (environs de Kisantu).

Un premier examen a permis d'y distinguer :

a. Des restes d'organismes de nature indiscutable, notamment des *Siphonées*, d'un type non encore signalé, à structure bien conservée ([2]), et

---

([1]) L. Cayeux, *Existence de deux groupes d'algues à structure conservée dans le système schisto-calcaire du Congo français* (*Comptes rendus*, 190, 1930, p. 231).

([2]) Des Siphonées verticillées ont été trouvées par M. Cayeux dans les calcaires du Bas Congo Belge (niveau de Lukunga). L. Cayeux, *Existence de restes organiques et notamment d'algues siphonées verticillées dans le système schisto-calcaire du Congo Belge* (*Comptes rendus*, 193, 1931, p. 11).

des thalles d'algues allongés, silicifiés et fossilisés de la même manière, des formes en cellules rondes ou ovoïdes avec de nombreuses vacuoles arrondies ;

b. Des formes aberrantes à structure concentrique très fine dont il est impossible pour le moment de dire si elles relèvent d'algues ou du groupe des oolithes;

c. Des oolithes typiques globuleuses ou ovoïdes, les unes à gros grains, d'autres à structure très fine;

d. De fausses oolithes dues à un concrétionnement au sein de la boue calcaire lors de sa cristallisation.

En attendant que l'étude microscopique fournisse des indications sur l'âge de ces roches, et nous éclaire sur les conditions de leur formation, on peut dire, qu'abstraction faite des restes organiques, les oolithes à structure fine suffisent pour exclure toute idée de formation en milieu lacustre. Ces oolithes pourront aussi dans une certaine mesure servir pour caractériser des niveaux, et établir des raccords entre des régions éloignées.

L'étude de ces calcaires soulève encore l'important problème de leur intense silicification. On sait en effet que la silice des formations calcaires provient généralement d'éléments de nature organique tels que spicules d'Éponges, Radiolaires, etc. pour le moment absolument inconnus dans les calcaires du Congo.

GÉOLOGIE. — *Sur l'étage Albien en Chartreuse (Isère et Savoie).* Note de M. **Breistroffer**, présentée par M. Charles Jacob.

Le Gault de la Chartreuse restait peu connu lorsque Charles Jacob entreprit ses travaux, qui l'amenèrent à diviser cet étage en 4 zones devenues classiques (zones III et VI). Déterminant des fossiles de Cucheron près d'Entremont (récoltes Ch. Lory et J. Révil) et de Rochepleine (P. Reboul), il concluait à l'existence des zones III, IV et V, cette dernière représentée par *Turilites Robertianus* d'Orb. à La Ruchère; au-dessus, la zone VI serait absente par émersion, d'où, peut-être, les différences fauniques entre les types VI*b* du Vercors et VI*a* de la Perte du Rhône, régions séparées, dans cette hypothèse, par le massif émergé de la Chartreuse. Au-dessous, la « lumachelle », avec *Cidaris gaultina* Forbes, se rapporterait à la zone III (niveau de Clansayes); incrustés sur sa surface supérieure, P. Reboul a ramassé à Rochepleine *Phylloceras Guettardi* Rasp., *Douvilleiceras Bigoureti* Seunes, *D. clan-*

sayense Jacob, *D. nodosocostatum* d'Orb., c'est-à-dire une faune comparable à celle de l'extrémité Nord du Vercors (1).

Plus tard, A. Demay (2) a trouvé à la Frassette, vers Saint-Pierre-d'Entremont, un gisement de la zone IV, avec *Parahoplites Milletianus* d'Orb. Puis F. Demoly (3) retrouva à Cucheron de nombreux fossiles (dét. E. Roch), qu'il attribua aux zones III et IV, confirmant ainsi la lacune des deux horizons supérieurs admise par A. Demay à la suite de Ch. Jacob.

Des recherches nouvelles m'ont prouvé que le Gault de la Chartreuse est complet, comme celui de la Perte du Rhône et du Vercors.

Zone III. — A La Frassette, un banc phosphaté contient des fossiles non roulés des zones III et IV, de couleur claire, dont aucun n'est incrusté dans la lumachelle, laquelle reste bien distincte et par suite antérieure à la zone de Clansayes, richement réprésentée au-dessus par *Parahoplites Nolani* Seunes (13 ex.), *P. Bigoti* Seunes, *Douvilléiceras Martini-orientalis* Jacob, *D. clansayense* Jacob, *D. nodosocostatum* D'Orb., *D. Migneni* Seunes, *D. Bigoureti* Seunes (15 ex.).

Zone IV. — Bien caractérisée : *Leymeriella rencurelensis* Jacob à Cucheron. Plus différente du type Rencurel (4) que du type Perte du Rhône, surtout à La Frassette : *Parahoplites Milletianus-clavata* Fritel, *P. Uhligi* Collet, *Pleurotomaria Rhodani* D'Orb. (30 ex.), *Cerithium Rhodani* Pict. et R., *Aporrhais cingulata* Pict. et R., *Arca carinata* Sow. (28 ex.), *Mactra gaultina* Pict. (8 ex.), *Ostrea arduennensis* D'Orb., *Janira quadricosta* Sow., *Astarte Rhodani* Pict. et C., *Dentalium Rhodani* Pict. et R.

Zone V. — La Ruchère, Cucheron, avec *Hoplites denarius* Sow. *H. auritus* Sow.

Zone VI. — Existe au Nord comme au Sud. A Rochepleine, *Mortoniceras* cf. *inflatum* (Coll. W. Kilian), *Turrilites Bergeri* Brongn., *Scaphites Hugardianus* Pict. (Coll. Reboul). A Cucheron : *Mortoniceras Candollianum* Pict. (Coll. Demoly), *M.* cf. *inflatum* Pict. et R., *Scaphites Meriani* Pict. et R. (Coll. Demoly), *Turrilites* cf. *Bergeri* Brongn. Le mauvais état des *Mortoniceras* (8 ex.) ne permet pas de préciser leur valeur spécifique, mais ces formes à côtes mousses n'existent qu'à partir de la zone VI. Le type VI*b* est caractérisé par *Turrillites Bergeri* Brongn., le type VI*a* pourrait exister avec *Mortoniceras Candollianum* Pict.

La Chartreuse n'était pas émergée au Vraconnien. Au Nord, A. Jayet (5)

(1) J'ai en effet trouvé à Sassenage parmi les fossiles albiens remaniés dans le Sénonien *Parahoplites Nolani* Seunes, *P.* cf. *Bigoti* Seunes, *Douvilléiceras clansayense* Jacob.

(2) A. Demay, *C. R. somm. Soc. géol. de France*, 28, 5 novembre 1928, p. 234.

(3) F. Demoly, *Ibid.*, 29, 4 février 1929, p. 41.

(4) Qui s'étend jusqu'à Sassenage, où j'ai trouvé *Leymerielle rencurelensis* Jacob, *Acanthoceras Gevreyi* Jacob, *Uhligella convergens* Jacob, *U. Walleranti* Jacob.

(5) A. Jayet, *C. R. séances Soc. Phys. et Hist. nat. Genève*, 41, III, 1924, p. 34.

a montré qu'à la Perte du Rhône, la zone VI*b* à *Inflaticeras rostratum* Sow. surmonte le grès brunâtre VI*a*. Au Sud, j'ai trouvé à Sassenage ([1]) des fossiles de la zone VI*a* mélangés aux espèces de la zone VI*b* signalées par W. Kilian et J. Dinitch ([2]); il y a donc continuité de sédimentation depuis III jusqu'à VI, en Chartreuse comme dans le Nord du Vercors et comme à la Perte du Rhône.

Conclusion. — Le Gault de la Chartreuse est complet, y compris le Vraconnien avec le type faunique VI*b* superposé au type faunique VI*a*.

La lumachelle est un faciès d'âge variable, soit contemporain de la zone III (les Jarrands en Vercors), soit antérieur à l'horizon de Clansayes, qui est fossilifère au-dessus. Elle pourrait représenter localement l'Aptien supérieur.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence de trois termes comparables à ceux du Trias germanique dans les Corbières orientales.* Note de M. **Louis Barrabé**, présentée par M. Charles Jacob.

A la base de la série sédimentaire qui repose en transgression sur le bord sud-est et est du Massif paléozoïque de Mouthoumet, se rencontre une formation, presque continue, comportant de bas en haut les trois termes suivants :

a. Des poudingues, des grès et des marnes rouges recouvrant en discordance le Paléozoïque plissé.

b. Des calcaires et des calcaires dolomitiques gris ou jaunâtres, des marnes gris verdâtre ou panachées de vert et de rouge, et des calcaires en bancs peu épais ou en plaquettes gris ou bleuâtres.

c. Des marnes rouges à gypse et à quartz bipyramidés.

Ce dernier niveau est surmonté par le Lias, plus ou moins complet suivant les points étudiés.

Si l'âge du terme supérieur n'a donné lieu à aucune discussion, car c'est manifestement du Keuper avec son faciès typique, il n'en a pas été de même pour les deux autres termes qui, n'étant pas fossilifères, ont été rap-

([1]) Outre *Mortonicèras inflatum* Pict. et R. (12 ex.) et *Turrilites Bergeri* Brongn. (14 ex.), le Gault de Sassenage m'a fourni *Mortoniceras* cf. *Hugardianum* D'Orb., *M.* cf. *Candollianum* Pict., *Turrilites Morrisi* Schar.

([2]) W. Kilian et I. Dinitch, *C. R. somm. Soc. géol. de France*, 20, 2 février 1920, p. 32.

portés soit au Trias inférieur et moyen (Magnan), soit en partie au Trias et en partie au Lias (interprétation admise sur les feuilles de la carte géologique au $\frac{1}{80000}$ de Quillan et de Perpignan), soit enfin totalement au Lias (M. G. Dubar [*Études sur le Lias des Pyrénées françaises* (*Mém. Soc. Géol. du Nord*, 1925, p. 127)]. Cette dernière opinion entraîne nécessairement l'existence de chevauchements très importants du Keuper et des niveaux jurassiques et crétacés qui le surmontent, sur le Lias autochtone du Massif de Mouthoumet.

J'ai montré précédemment (¹) qu'il n'existait aucune raison valable de rattacher au Lias inférieur les poudingues et grès rouges de base *a*, sans pouvoir alors préciser l'âge des calcaires *b*. Une étude plus approfondie de ce problème m'a conduit cette année à rapporter entièrement au Trias les trois termes de la formation décrite précédemment et M. Charles Jacob, qui m'a accompagné dans une visite rapide de la région, a bien voulu adopter ma manière de voir.

Le seul argument valable invoqué par M. Dubar en faveur de l'âge liasique des calcaires *b* est l'existence d'une faune rhétienne dans ce niveau au pied Sud-Est du Sarat Redonnet, à 4^{km} environ au Sud de Tuchan; or, en ce point particulier, on est en présence d'une zone écrasée comportant à la fois, outre les trois termes de la formation décrite plus haut, du Lias et du Cénomanien. Le niveau de calcaires en plaquettes, qui a fourni une faunule infra-liasique, est en relation peu nette avec les couches voisines et doit, selon toute vraisemblance, être entièrement indépendant des calcaires *b*. L'existence de débris de Diadematidés signalée d'autre part par M. Dubar dans des bancs calcaires de ce même terme *b* au nord de Tuchan n'est nullement incompatible avec un âge triasique.

Par contre divers arguments peuvent être invoqués en faveur de l'attribution au Trias de l'ensemble des trois termes *a*, *b* et *c*. Le plus important de ces arguments est la continuité presque parfaite des trois termes de la formation du Secondaire. En effet, malgré quelques variations de faciès et d'épaisseur, on suit ces trois niveaux depuis la région de Massac jusqu'au Torgan, dans le synclinal Massac-Mongaillard, puis sur tout le pourtour Ouest, Nord et Est de la montagne de Tauch, enfin depuis Tuchan (bord Est de cette montagne) jusqu'aux abords de Durban. Dans cette dernière région toutefois, les divers niveaux s'amincissent et ne s'observent plus

(¹) L. Barrabé, *Sur l'âge des conglomérats et marnes rouges de la région de Tuchan* (Aude) (*C. R. somm. Soc. géol. de Fr.*, 1931, p. 860).

qu'en lambeaux discontinus. Les variations de faciès les plus notables le long de ces affleurements sont les suivantes :

1° Les poudingues rouges de base sont presque entièrement siliceux avec nombreux éléments de quartz blanc et de lydienne lorsqu'ils reposent sur un substratum paléozoïque schisteux (Silurien ou Carbonifère); par contre, ils se chargent d'éléments calcaires et parfois présentent un ciment calcaire lorsqu'ils reposent sur les calcaires dévoniens. Dans ce cas, ils peuvent même faire défaut; et ce sont des dolomies ou des calcaires dolomitiques *b* qui surmontent directement le Primaire.

2° Le terme moyen *b* comporte très généralement trois horizons qui varient légèrement comme constitution lithologique d'un point à l'autre : les calcaires dolomitiques massifs inférieurs du synclinal de Massac-Montgaillard passent vers l'Est (Montagne de Tauch et entre Tuchan et Durban) à des calcaires massifs jaunâtres et à des dolomies roses ou jaunes; les marnolites panachées intermédiaires de la région Massac-Montgaillard-le Torgan, correspondent à des marnes blanchâtres ou verdâtres près de Tuchan; enfin les calcaires supérieurs, bien lités généralement, sont surtout bien développés dans la vallée du Torgan, mais ne présentent le faciès de calcaires à empreintes vermiformes que dans la Montagne de Tauch et plus loin vers l'Est.

3° Par contre le Keuper, formant le terme supérieur *c*, ne montre pas de variations de faciès appréciables.

En résumé, et malgré l'absence de fossiles dans les formations intercalées entre le Keuper et le Primaire des Corbières orientales, il ne peut guère subsister de doute sur l'âge triasique de ces formations. Il est probable qu'on est en présence d'un Trias complet à faciès germanique où les poudingues et grès de base *a* correspondent aux grès bigarrés et où le terme calcaire *b* représente le Muschelkalk avec peut-être un horizon moyen lagunaire, équivalent du *groupe de l'anhydrite*. Cependant il est possible également que les poudingues de base soient au moins en partie permiens, comme on l'admet dans les Pyrénées.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Étude du rayonnement infrarouge émis par l'atmosphère terrestre*. Note de M. **J. Devaux**, présentée par M. Ch. Fabry.

On sait que le rayonnement émis par l'atmosphère joue un rôle fondamental dans l'économie thermique du globe terrestre. L'atmosphère étant à une température relativement basse, rayonne surtout dans les grandes longueurs d'ondes (le maximum d'émission du corps noir à 0° se trouve vers 10^{μ}). A l'heure actuelle nos connaissances sur ce sujet proviennent de deux sources très différentes :

1° On a souvent étudié le rayonnement émis par l'atmosphère; mais, comme cette émission est faible, on a mesuré globalement le rayonnement énergétique; tout au plus, à ma connaissance, a-t-on utilisé des filtres très peu sélectifs.

2° Différents auteurs ont étudié en laboratoire les spectres d'émission et surtout d'absorption des constituants de l'atmosphère. Il résulte de ces travaux que la vapeur d'eau doit jouer un rôle prépondérant dans l'émission de l'atmosphère; l'acide carbonique doit intervenir mais beaucoup moins; enfin l'ozone atmosphérique peut jouer un rôle appréciable si sa température est assez élevée.

Il m'a donc paru intéressant d'étudier le rayonnement de l'atmosphère dans le spectre. Une telle étude est difficile, car on ne dispose que d'une énergie très faible. De plus je poursuis cette étude à l'observatoire du Pic du Midi (2860^{m}), ce qui procure avec certains avantages des difficultés spéciales (accumulation de la neige, formation de givre, sublimation, perturbations produites par les brusques variations de pression atmosphérique, etc.). Toutefois, après différents tâtonnements, j'ai construit un spectrographe à prisme de sel gemme, comportant comme appareil récepteur un radiomicromètre de sensibilité réglable, qui m'a permis d'obtenir quelques résultats. En utilisant des fentes très larges et, par suite, un pouvoir de résolution très médiocre, on peut obtenir, par exemple, des déviations du spot de quelques millimètres à un mètre lorsqu'on étudie le rayonnement vers 10^{μ} d'un corps à 0°, l'appareil étant à + 10° (résolution des spectres limitée à $0^{\mu},5$ ou 1^{μ} vers 10^{μ}; inertie 1 à 2 minutes).

L'appareil est étudié pour obtenir une bonne stabilité. Mais il ne faut pas perdre de vue que les déviations du spot mesurent la différence entre le rayonnement du corps noir à la température de l'appareil et le rayonne-

ment à étudier. Dans ces conditions le rayonnement venant du ciel (au voisinage du zénith) produit toujours une déviation « vers le bas » correspondant à un refroidissement de la soudure active (l'appareil est à une température voisine de celle de l'air extérieur). La courbe spectrale du rayonnement du ciel obtenue aussi bien le jour que la nuit, comparée à celle d'un corps noirci de température connue, présente les particularités suivantes :

a. A première vue la courbe a une forme assez analogue à celle du corps noir dont la température serait inférieure à celle de l'appareil. Toutefois les déviations appréciables se produisent dans un intervalle de longueur d'onde plus étroit; à partir de 14^{μ} elles ne sont plus appréciables. On a, en gros, une large bande entre 8^{μ} et 14^{μ}, correspondant à une faible émission du ciel.

b. Lorsque la stabilité est bonne, on constate la présence d'une petite bande vers 5^{μ} correspondant aussi à une faible émission.

c. Sur les bons enregistrements obtenus par ciel pur, on constate, à l'endroit des déviations maxima de la bande principale, l'existence d'un petit maximum secondaire d'émission vers 10^{μ}.

J'interprète ces particularités de la manière suivante :

a. La grande région de faible émission (entre 8^{μ} et 14^{μ}) s'explique par le fait que la vapeur d'eau présente une faible absorption et, par suite, une faible émission dans cette région. L'acide carbonique intervient peut-être en limitant les déviations vers les grandes longueurs d'onde.

b. La petite bande vers 5^{μ} correspond également à une région de transparence relative de la vapeur d'eau et de l'acide carbonique.

c. Par contre la bande vers 10^{μ} qui correspond à un maximum d'émission ne semble pas due à la vapeur d'eau ni à l'acide carbonique. Mais K. Ångström a constaté et j'ai retrouvé moi-même dans cette région en étudiant le spectre solaire une forte bande d'absorption, attribuable à l'ozone, d'après les études au laboratoire. On a donc une forte raison de croire que la bande vers 10^{μ} que j'ai trouvée dans le spectre du ciel est une bande d'émission de l'ozone atmosphérique.

On peut alors penser que l'étude de l'absorption du rayonnement solaire dans cette région d'une part, et l'étude du spectre d'émission de l'atmosphère d'autre part, doit permettre de calculer la température de l'ozone. Cependant l'interprétation des résultats n'est pas très simple. Si pour simplifier on admet que la température de l'ozone est uniforme, mes mesures, bien qu'imparfaites, montrent que cette température n'est pas très élevée.

Mais cette hypothèse n'est pas fondée. Il faudrait donc, pour calculer les températures des différentes couches d'ozone, admettre une loi de répartition de cette température en fonction de l'épaisseur. Le calcul nécessite alors la connaissance de la variation de la transmission en fonction de la masse traversée; il serait hasardeux d'admettre la loi exponentielle, car j'ai utilisé un pouvoir de résolution très faible.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *La visibilité du Mont Blanc au sommet du puy de Dôme.* Note de M. **J. de Lagaye**, présentée par M. Ch. Maurain.

Du sommet du puy de Dôme, par des journées claires d'hiver ou d'automne, on voit, dans une échancrure des monts du Forez, trois cimes neigeuses des Alpes; la plus haute d'après J.-R. Plumandon est le Mont Blanc, les autres sont le Mont Maudit et le Mont Blanc du Tacul. Avant le lever du soleil, les cimes ont une couleur gris moyen ou rose en opposition avec les premières lueurs du levant; en pleine lumière elles paraissent blanches sous un ciel bleu pâle, puis leurs contours se confondent avec les nuages élevés ou sont voilés par la brume. Le tableau suivant, résultat de dix années d'observations (1921-1930) montre que le phénomène est fréquent le matin; l'hiver, on peut même l'observer trois ou quatre jours consécutifs :

Heures.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Total.
6.......	22	20	7	4	–	1	–	1	3	19	29	4	110
7.......	50	21	3	1	–	–	–	2	2	6	28	29	142
9.......	6	4	2	1	–	–	–	–	2	5	8	5	33
12.......	9	2	1	1	–	–	–	1	–	2	10	5	31
15.......	10	–	1	1	–	–	–	–	–	1	6	7	26
18.......	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	1
Total....	97	47	14	9	–	1	–	4	7	33	81	50	343

Ces résultats confirment des remarques antérieures sur la visibilité des objets éloignés. Au mont Revard (1522^{m}) près d'Aix-les-Bains, on sait que la visibilité est plus grande l'hiver. Thury a fait la même observation sur la visibilité des hautes cimes; un auteur anonyme a signalé que celles-ci sont observables avant le lever du soleil, parce que l'air est calme et peu chargé de vapeur d'eau.

Influence de l'humidité. — La tension de vapeur d'eau donne pour les observations trihoraires une moyenne annuelle de 5^{mm},5, on note seulement

24 observations sur 343 où elle dépasse cette valeur; elle est généralement inférieure à 2^{mm}. L'humidité relative dépasse rarement la moyenne annuelle de 85,6 pour 100, elle s'abaisse à 10 et 5 pour 100. Si l'humidité était élevée, elle pourrait atteindre le point de saturation sous l'influence d'un refroidissement et le brouillard limiterait la visibilité.

État du ciel. — Les nuages observés ne sont jamais des cumulus, ceux-ci se formant entre 1000 et 2000^{m} constitueraient un écran. On observe surtout des nuages élevés, tels les cirrus cirro et altostratus, quelquefois une mer de nuages. Le phénomène est possible quelle que soit la nébulosité : sur 100 observations, on en relève 51 par ciel pur peu nuageux (o à 3), 26 par ciel nuageux (4 à 7) et 23 par ciel très nuageux ou couvert. Par ciel couvert, les poussières atmosphériques n'étant pas illuminées par le soleil, le voile bleu ne paraît pas et les lointains sont nets.

Situation générale barométrique. — La transparence de l'air entre les deux sommets dépend évidemment de la situation générale barométrique. Étudions la période Décembre 1926-Novembre 1931. Le type de temps le plus favorable est un anticyclone couvrant la moitié ouest de l'Europe avec un maximum au sud de la France ou sur l'Europe centrale; on remarque souvent une zone de basses pressions sur l'Atlantique avec un réseau d'isobares parallèles à gradient faible sur le Massif central. Une telle situation fait prévoir une forte proportion de vents du secteur sud, ce qu'on peut vérifier en comparant la distribution des vents les jours de grande visibilité avec leur fréquence normale :

N.	NW.	W.	SW.	S.	SE.	E.	NE.	Calmes.
6	6	24	14	17	8	8	5	12
8	13	31	11	8	5	8	12	4

La fréquence plus élevée des calmes est liée à la présence d'un maximum sur le Massif central.

Les autres types d'isobares sont moins féquents : on se trouve quelquefois dans un couloir de pressions moyennes reliant deux anticyclones avec une dépression au Nord et une au Sud, ou dans une zone de basses pressions couvrant l'Europe occidentale; dans les deux cas, on est dans une aire de pressions uniformes, loin d'un centre de perturbations. Le phénomène est dû à la présence de courants descendants entraînant les poussières vers le sol.

On note plus rarement des isobares en V dont la pointe est tournée vers

le Sud; en ce cas, les poussières sont entraînées par la pluie, et le Mont Blanc peut devenir visible si l'éclaircie a une étendue suffisante.

Le travail sera poursuivi sur les années antérieures à 1927 en utilisant les archives de l'Observatoire du puy de Dôme.

SISMOLOGIE THÉORIQUE. — *Sur certaines ondes longues rapides, en particulier sur l'onde* PL *d'O. Somville.* Note de M. **Coulomb**, présentée par M. M. Brillouin.

Divers auteurs ont signalé l'enregistrement par les séismographes à grande période d'ondes longues au milieu des ondes préliminaires (¹). L'une de ces ondes longues a été étudiée par O. Somville (²), qui l'a désignée par le symbole PL. Elle a ensuite été observée par H. Landsberg (³). Les épicentres appartiennent soit à la région méditerranéenne, soit à l'Atlantique Nord, les distances épicentrales vont de 500^{km} à 2500^{km}. La vitesse de propagation trouvée par O. Somville est de 6 km/sec environ pour les épicentres méditerranéens, voisine de 6,4 km/sec pour les autres; les périodes qu'il indique sont comprises entre 24 et 36 secondes. H. Landsberg obtient pour les épicentres méditerranéens des résultats concordant avec les précédents; mais un séisme islandais lui donne 5,95 km/sec pour la vitesse (⁴); enfin ses périodes sont plus faibles étant, à deux exceptions près sur 16 valeurs, comprises entre 18 et 22 secondes.

J. B. Macelwane désigne par U une autre espèce d'onde, superficielle et très longue qu'il obtient en suivant la trajectoire du point moyen dans des enregistrements de séismographes Wiechert ou Milne-Shaw (⁵). La période serait de l'ordre de 180 secondes, la vitesse de 7,5 km/sec. Mais les données sont peu nombreuses.

H. Landsberg pense que l'onde PL résulte d'oscillations d'ensemble d'une couche terrestre. J. B. Macelwane rapproche l'onde U des ondes β

(¹) Par exemple, B, Gutenberg, *Gerlands Beiträge zur Geophysik*, 25, 1930, p. 78.

(²) O. Somville, *Gerl. Beitr.*, 27, 1930, p. 437; 29, 1931, p. 247; 33, 1931, p. 31.

(³) H. Landsberg, *Gerl. Beitr.*, 29, 1931, p. 64.

(⁴) Les enregistrements reproduits paraissent d'ailleurs moins nets que ceux dont se sert O. Somville.

(⁵) J. B. Macelwane S. J., *Gerl. Beitr.*, 28, 1930, p. 165.

et γ de K. Uller (¹). Il est trop tôt pour s'efforcer de rendre un compte exact du phénomène. Mais on peut préparer les voies par quelques considérations très simples qui pourront suffire pour l'instant. On peut penser qu'il s'agit d'ondes superficielles (²). Mais il ne semble pas que le déplacement soit transversal et qu'une théorie du genre de celle de Love puisse suffire. Voyons si l'on peut adapter celle de Rayleigh. Le carré de la vitesse des ondes y est racine d'une équation cubique, dont la seule racine généralement acceptée fournit les ondes de Rayleigh ordinaires. On a essayé d'utiliser les autres racines (³), et les ondes β et γ de K. Uller en sont un exemple (à une généralisation près, d'utilité discutable pour la séismologie). Mais les ondes ainsi obtenues ne sont plus vraiment superficielles et ne sauraient être engendrées lors d'un séisme (dont le foyer n'est pas illimité en profondeur), à moins de faire une hypothèse supplémentaire, par exemple, de restreindre les ondes à une croûte. Si l'on admettait alors que le mouvement s'étende au milieu inférieur, on serait conduit à des calculs analogues à ceux de Love [*Some problems of Geodynamics* (Cambridge, 1911), p. 165] relatifs à l'effet d'une couche sur les ondes de Rayleigh.

Nous supposerons plus simplement que le milieu sous-jacent est inébranlable [ce qui n'empêcherait pas d'admettre sa plasticité pour des efforts prolongés (⁴)]. Les périodes des ondes formeront alors une suite discontinue, ce qui semble convenir, si l'on attribue aux causes accidentelles les variations autour de chaque valeur. Enfin nous prendrons $\frac{1}{4}$ pour valeur du coefficient de Poisson dans la couche. L'une des racines de l'équation de Rayleigh fournit alors uue vitesse de propagation exactement double de celle des ondes de distorsion. Comme la vitesse des ondes S dans la croûte observée lors des explosions est 3,1 km/sec environ, on obtient ainsi une vitesse de 6,2 km/sec; la coïncidence est presque trop belle avec la vitesse de PL.

Les composantes u, v, w, du déplacement, par rapport à troix axes Ox, Oy, Oz tels que Oz soit normal intérieurement au sol supposé plan, et

---

(¹) K. Uller, *Ann. der Physik*, 56, 1918, p. 463.

(²) Les vitesses de PL paraissent croître un peu avec la distance. Mais celle-ci reste trop faible pour qu'on puisse décider.

(³) Par exemple C. Somigliana, *Rendiconti Lincei*, 26, 1917, p. 369 et 472; 27, p. 13.

(⁴) Il serait bien moins vraisemblable de traiter la couche comme libre.

que Ox coïncide avec la direction de propagation, sont de la forme

$$u = -\sqrt{3}\left[\cos\frac{fz}{\sqrt{3}} + \cos fz\sqrt{3}\right]\sin(pt - fx),$$
$$v = 0,$$
$$w = \left[\sin\frac{fz}{\sqrt{3}} + \sin fz\sqrt{3}\right]\cos(pt - fx),$$

avec $\frac{p}{f} = 6,2$. u et w s'annulent pour $\frac{fz}{\sqrt{3}} = n\frac{\pi}{2}$, n étant un entier quelconque. Les expressions précédentes fournissent donc une solution pour la courbe d'épaisseur H, si l'on prend $f = n\frac{\pi\sqrt{3}}{2H}$, ce qui donne pour la période

$$T = \frac{2\pi}{p} = \frac{0,375\,H}{n}.$$

La valeur la plus vraisemblable pour H est 60^{km}, qui donne $22^s,5$ pour période fondamentale ($n = 1$), tout à fait dans la moyenne des observations de PL. Bien entendu on améliorerait la concordance en prenant des couches plus épaisses et des ordres de fréquence plus élevés. Par exemple une couche hypothétique de 480^{km}, qui admet pour période fondamentale celle des ondes U (180^s), fournit dans le champ de PL ($n = 5$ à 10) les valeurs suivantes : 36^s; 30^s; $25^s,7$; 22^s5; 20^s; 18^s autour desquelles se groupent bien les valeurs observées. Mais il ne faut pas oublier la différence des vitesses observées pour U et PL; d'ailleurs la valeur 3,1 pour la vitesse des ondes de distorsion deviendrait inadmissible à cette profondeur. Quoi qu'il en soit, notre schéma grossier fournit l'ordre de grandeur des résultats observés (1).

Complément à la Note précédente. — Si l'on simplifie la théorie de Love comme nous avons fait celle de Rayleigh, en admettant un sous-sol inébranlable, on est conduit au résultat suivant :

Le déplacement est de la forme :

$$u = 0, \qquad v = \cos\left[z\sqrt{\frac{p^2}{a^2} - f^2}\right]\cos(pt - fx), \qquad w = 0,$$

a étant la vitesse des S. La condition $v(H) = 0$ donne les formules de dispersion

$$\frac{p^2}{a^2} - f^2 = (2K + 1)^2\frac{\pi^2}{4H^2},$$

(1) Ces résultats m'ont été signalés par Mme et M. H. Labrouste.

K étant un entier. Pour les périodes trouvées précédemment en partant de $f = \frac{n\pi\sqrt{3}}{2H}$, on aura une onde de Love se propageant avec la même vitesse $\frac{p}{f} = 2a$ que l'onde de Rayleigh correspondante, si l'on prend $2K + 1 = 3n$, ce qui est possible pour n impair.

GÉNÉTIQUE. — *Étude génétique et cytologique de l'hybride* Iris pallida *Lamk.* × Iris tectorum *Maxim.* Note de M. **Marc Simonet**, présentée par M. L. Blaringhem.

Cet hybride stérile a été aussi appelé *Iris* × *Paltec* par M. Denis, qui l'obtint, en 1918, du croisement de *l'Iris pallida* Lamk. var. *Edina* Hort. par l'*Iris tectorum* Maxim.

Ces deux espèces appartiennent à des groupes biologiques et géographiques différents; l'*Iris pallida* est une plante de l'Europe méridionale de la section *Pogoniris* (Iris barbu), l'*Iris tectorum* de la section *Evansia* (Iris à crête), est originaire de la Chine.

Cette hybridation est aussi curieuse parce que effectuée entre plantes offrant des nombres de chromosomes différents (aneuploïde). Miyake ([1]), Longley ([2]) et nous-même ([3]) avons signalé chez l'*Iris pallida* $n = 12$ et $2n = 24$; nous avons également fait connaître chez l'*Iris tectorum* $2n = 28$; les deux plantes diffèrent donc l'une de l'autre par deux paires de chromosomes.

Du point de vue génétique, l'hybride ne paraît pas être tout d'abord intermédiaire entre les parents, surtout au moment de la floraison où il rappelle beaucoup plus l'*Iris tectorum* par ses fleurs très ouvertes; la disposition des pièces florales, presque horizontale, est une *dominance paternelle*. Un examen plus attentif nous montre cependant que les bractées de l'hybride entièrement scarieuses sont indiscutablement d'*influence maternelle*. Ce qui est surtout remarquable c'est la présence simultanée sur les sépales de l'*Iris* × *Paltec* et l'une à la suite de l'autre, de la crête et de la barbe des parents, cette dernière très abondante. Ainsi se trouvent réunis, se superposant même, les caractères maternels et paternels les plus oppo-

([1]) *Jahrb. Wiss. Bot.*, 42, 1905, p. 83-120.
([2]) *Bull. of the Am. Iris Soc.*, n° 29, 1928, p. 43-49.
([3]) *C. R. Soc. de Biol.*, 99, 1928, p. 1314.

sés. La *dominance partielle* de la barbe de l'*Iris pallida* doit être rapprochée des cas d'hybridité disjointe observés par Naudin [1] chez *Datura*, et de l'hérédité en mosaïque constatée par Blaringhem [2] chez *Hordeum*.

Quant aux autres caractères de l'*Iris* × *Paltec*, forme des feuilles, couleur des fleurs, etc., ils sont un compromis entre les caractères des deux parents.

Du point de vue cytologique, nous avons déjà montré [3] que l'hybride possède exactement la somme des garnitures chromosomiques haploïdes des parents, soit : $2n = 26(12 + 14)$. L'examen d'un grand nombre de cinèses somatiques nous a permis de constater que les chromosomes paternels et maternels gardaient, chez l'hybride, leur entière individualité. En effet, il nous a été possible de retrouver chez celui-ci des éléments de forme caractéristique que nous avions identifiés chez les parents. En particulier : deux grands chromosomes maternels en V, deux petits chromosomes en V et un chromosome droit à *constriction médiane* d'origine paternelle qui existaient respectivement par couples chez les parents.

Les divisions réductionnelles montrent de grandes irrégularités.

La première division de maturation ne présente, en règle générale, *aucune conjugaison* de chromosomes à la métaphase hétérotypique où il est aisé de compter 26 éléments monovalents non disposés en plaque équatoriale et irrégulièrement répartis au centre des cellules mères des grains de pollen; exceptionnellement nous avons vu 1 ou 2 chromosomes bivalents; l'anaphase ne paraît pas exister. Les chromosomes passent directement en interphase, sans subir d'autre évolution, tels qu'ils étaient situés au cours du stade précédent et une membrane nucléaire englobe au hasard les éléments les plus rapprochés en plusieurs groupes formant fréquemment 3, 4 ou 5 noyaux (au lieu de 2).

La deuxième division de maturation est normalement équationnelle. Les 3, 4, 5 noyaux formés à l'intercinèse donnent naissance à un nombre égal de plaques équatoriales où l'on distingue aisément les 26 chromosomes répartis de la manière la plus désordonnée. Voici quelques-unes des combinaisons observées : $19 + 6 + 1$, $11 + 7 + 6 + 2$, $14 + 9 + 3$, etc. A l'anaphase les chromosomes se dirigent vers les pôles respectifs de leur cinèse et les images obtenues à ce stade sont alors des plus curieuses; on peut y voir jusqu'à 10 groupes de chromosomes qui s'entoureront par la suite

---

(1) *Comptes rendus*, 49, 1859, p. 616.

(2) *IVe Conf. Intern. de Génétique*, Paris, 1911, p. 101-129.

(3) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1365.

d'une membrane nucléaire pour donner au stade de la tétrade des cellules irrégulières contenant 6, 8, 10 microspores. Le pollen est entièrement avorté et la plante complètement stérile.

C'est un des rares exemples connus d'une stérilité corrélative de la dissociation des éléments nucléaires chromatiques, sans fusion et le schéma de la première cinèse de maturation est tout à fait semblable à la division *semi-hétérotypique* récemment signalée par Rosenberg [1].

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Contractions rythmiques dans les cellules pigmentaires sous l'action de divers poisons.* Note de Mlle **Catherine Veil** et MM. **Comandon** et **de Fonbrune**, présentée par M. L. Lapicque.

Nous avons déterminé à l'aide du chlorure de baryum et de la guanidine des mouvements pulsatiles des cellules pigmentaires de l'écaille du poisson. Cette action du chlorure de baryum avait été signalée antérieurement et incidemment par Spaeth. Notre idée était de rapprocher ces mouvements des contractions plus ou moins régulières, plus ou moins rythmiques que déterminent les mêmes poisons (chlorure de baryum et carbonate de guanidine) sur un muscle strié, gastrocnémien ou couturier détachés du corps d'une grenouille, par exemple. Nous avons repris cette question sur les mélanophores dans l'espoir d'analyser ce phénomène curieux en l'étudiant sur des éléments simples unicellulaires. Ces mouvements pulsatiles s'observent très facilement au microscope. Ils s'effectuent en un temps relativement long, de l'ordre de la minute et demie. Nous les avons enregistrés cinématographiquement, ce qui d'une part permet de les accélérer et les rend ainsi plus frappants; d'autre part le film constitue un document sur lequel peut être effectuée une étude analytique. Nous présentons dans cette Note les faits les plus saillants qui découlent de l'analyse de ce film.

Si l'on met une écaille de *Carassius vulgaris* dans une goutte de solution physiologique à ions balancés (solution de Tyrode) les mélanophores groupés dans une moitié de l'écaille apparaissent dilatés. Ils sont immobiles; cette immobilité semble absolue à un faible grossissement car elle persiste quelle que soit l'accélération de la vitesse obtenue par le cinématographe.

Si le grossissement est suffisant, on distingue les grains de mélanine

(1) *Hereditas*, 8, 1927, p. 305-338.

dont le protoplasma est bourré et qui se voient individuellement sur les bords de cette cellule ramifiée que constitue un mélanophore. Une vitesse accélérée huit fois est suffisante pour que l'on remarque l'agitation manifeste de ces grains traduisant évidemment des mouvements actifs du protoplasma. De temps en temps, le protoplasma coule en un fin prolongement, un grain de mélanine est entraîné aussi à quelque distance du bord, puis ramené en sens inverse, il regagne l'intérieur de la cellule.

Si maintenant l'écaille, examinée dans une goutte de Tyrode, a été préalablement traitée pendant dix minutes par une solution de $BaCl^2 \frac{N}{8}$, toutes les cellules pigmentaires pulsent, synchroniquement, semble-t-il. Toutes se dilatent ensemble, toutes se rétractent ensemble.

Ce synchronisme n'est cependant pas totalement parfait; nous avons étudié sur le film des photographies successives correspondant à un intervalle de temps de 18 secondes.

Le grossissement étant de 400, le diamètre d'une cellule est de l'ordre du centimètre. Nous avons mesuré en millimètres la distance qui sépare deux ramifications opposées d'une même cellule. Toutes les cellules sont d'abord dilatées; au bout de 54 secondes, leur rétraction est générale (la longueur d'une même cellule dilatée et rétractée varie de 17 à 13^{mm}, et ce rapport est à peu près le même pour toutes les cellules). Puis la dilatation est générale; 90 secondes après la première rétraction, nouvelle rétraction générale, plus ample cette fois (la mesure de la même cellule donne un rapport 17 sur 10). Mais 54 secondes après la première rétraction, le mouvement de l'ensemble des cellules n'est pas rigoureusement synchrone. Il se manifeste un léger décalage dans une certaine direction de l'écaille. Néanmoins, on est en droit, pensons-nous, de parler de mouvements synchrones et rythmiques, car ils se poursuivent régulièrement dans le temps.

Doit-on supposer que chaque mélanophore fonctionne pour son propre compte, indépendamment du voisin, et le synchronisme est-il dû à ce que les cellules ont subi un même degré d'empoisonnement? Ne doit-on pas croire plutôt qu'elles réagissent les unes sur les autres, le mouvement de l'une appelant celui de sa voisine, ou bien y aurait-il lieu d'envisager une continuité anatomique entre les différentes cellules? Le synchronisme dépendrait-il encore d'un mécanisme nerveux? Autant de questions qui se posent et que seules des expériences ultérieures permettront de discuter.

Nous avons construit la courbe de la rétraction en fonction du temps. On peut représenter approximativement les durées des deux phases du

mouvement pour une cellule (dont le rapport en longueur, dilatation sur rétraction, est de 33 sur 29), par 36 secondes pour la rétraction et 54 pour la dilatation. La durée de la rétraction est donc 2 quand celle de la dilatation est 3. La dilatation succède immédiatement à la rétraction. La courbe du raccourcissement en fonction du temps rappelle donc celle de la secousse musculaire. L'état de dilatation subsiste un temps appréciable : 30 secondes environ.

L'agitation protoplasmique est très augmentée comparativement à celle de la cellule non intoxiquée. Le film donne l'impression d'un bombardement à la surface par les grains de mélanine.

La grandeur de l'agitation protoplasmique diffère donc avec l'état physiologique d'une même cellule. Cette mobilité accrue indique une modification du protoplasma favorisant peut-être des variations de tension superficielle qui seraient à l'origine des mouvements rythmiques que nous essayons d'étudier.

Accessoirement, nous avons eu l'occasion de constater la vascularisation de l'écaille dont nous ne soupçonnions pas la richesse. D'abondants capillaires entrelacés se trouvent dans toute la région pigmentée; ils sont nettement visibles en certains passages du film. De gros globules blancs granuleux se déplacent hors des vaisseaux. De globules rouges cheminent lentement dans les capillaires.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la teneur en calcium du sang des poissons marins.* Note de MM. **M. Fontaine** et **P. Portier**, présentée par M. L. Joubin.

On sait que, chez les poissons en général, l'état du squelette est des plus variables suivant les ordres zoologiques. En particulier, dans le milieu marin, deux sous-classes, les Élasmobranches et les Téléostomes (sur nos côtes surtout représentés respectivement par les Sélaciens et les Téléostéens) sont, de ce point de vue, fort dissemblables; alors que le squelette de ceux-ci est osseux, ceux-là présentent un squelette essentiellement cartilagineux, souvent partiellement calcifié, mais jamais il n'existe d'os.

C'est pourquoi nous avons cherché à savoir s'il existait des différences systématiques dans la teneur en calcium du sérum entre les poissons à squelette cartilagineux et ceux à squelette osseux.

Les dosages ont été effectués par la technique de Guillaumin.

Nous nous sommes d'abord demandé si la répartition du calcium sanguin entre les globules et le plasma était la même chez les Poissons que chez les Mammifères. Pour cela, des dosages ont été effectués sur les globules et le sérum d'un même sang.

Voici les chiffres obtenus pour un Téléostéen et un Sélacien et nous rappelons les chiffres concernant le sang humain d'après Guillaumin (1)

	Ca exprimé en milligr. par litre	
	de globules.	de sérum.
Conger vulgaris	42	200
Mustelus asterias	55	260
Homme	20	102

Comme chez les Vertébrés supérieurs, le calcium sérique est de beaucoup le plus important, le rapport $\frac{\text{Ca globulaire}}{\text{Ca sérique}}$ étant également de l'ordre du $\frac{1}{5}$.

Les chiffres qui sont rassemblés dans le tableau suivant ont tous été obtenus sur le sérum. Pour les espèces dont nous avons pu obtenir séparément une quantité suffisante de sang provenant d'individus mâles ou femelles, nous avons indiqué le sexe correspondant au dosage

	Ca (en mg par litre).
Sélaciens.	
Scilliorhinus canicula ♂	180
» ♂	165
» ♀	175
Mustelus asterias	260
Raia batis	180
»	185
Raia clavata	210
Téléostéens.	
Labrus berggylta ♂	120
» ♀	105
» ♀	115
Pleuronectes platessa	145
Conger vulgaris	200
»	210
Trigla lineata ♂	310
» ♀	300

(1) *Bull. Soc. Chim. biol.*, **12**, 1930, p. 1294.

En résumé :

1° Chez les Poissons marins, le rapport $\frac{\text{Ca globulaire}}{\text{Ca sérique}}$ est du même ordre de grandeur que chez les Vertébrés supérieurs.

2° Nous n'avons pas trouvé de différence sensible (chez les espèces où nous avons pu effectuer la comparaison) entre la calcémie des mâles et celle des femelles. Rappelons qu'une telle différence a été trouvée chez la Morue par Hess, Bills, Weinstock et Rivkin (1). Il est vrai que les œufs de ce poisson sont particulièrement riches en calcium et il est probable que le taux élevé de la calcémie chez la femelle est en rapport avec leur formation.

3° Enfin, et cette dernière conclusion est la réponse à la question que nous nous étions d'abord posée, on ne constate aucune relation entre la teneur en calcium du sérum des poissons étudiés et l'état osseux ou cartilagineux de leur squelette. L'absence d'ossification du squelette chez les Sélaciens n'est donc pas imputable à une déficience du milieu intérieur en calcium et les causes déterminantes de ce phénomène doivent être recherchées ailleurs.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les ferments solubles sécrétés par les Champignons Hyménomycètes. Les constituants alcooliques des essences et la fonction antioxygène.* Note de M. **L. Lutz**, présentée par M. L. Mangin.

L'action des alcools, constituants des huiles essentielles, en tant que corps susceptibles de dériver sur eux-mêmes la catalyse de l'oxygène provoquée par les ferments solubles sécrétés par les Champignons Hyménomycètes a été étudiée sur les corps suivants :

Alcools $C^{10}H^{18}O$ à chaîne ouverte : géraniol, nérol, linalol;

Alcools $C^{10}H^{18}O$ à chaîne fermée : bornéol, terpinéol;

Alcools $C^{10}H^{20}O$ à chaîne ouverte : citronellol;

Alcool $C^{10}H^{20}O$ à chaîne fermée : menthol.

Parmi ces alcools, les uns sont primaires : géraniol, nérol, citronellol; d'autres secondaires : bornéol, menthol; d'autres tertiaires : linalol, terpinéol.

---

(1) Hess, Bills, Weinstock et Rivkin, *Proc. Soc. exp. Biol. a. Med.*, 25, 1928, p. 349.

Les Champignons producteurs de ferments ensemencés ont été : *Stereum hirsutum*, *S. purpureum*, *Coriolus versicolor*.

Il ne saurait être question d'opposer directement aux actions d'oxydation les alcools examinés en présence de tests colorables d'oxydation : ces derniers corps, possédant des fonctions phénol, se sont tous montrés plus oxydables que les composés alcooliques, de telle sorte que les réactions de cette nature n'ont été influencées que d'une manière insignifiante par l'addition d'alcools.

Il n'en a pas été de même pour les cultures faites en milieux réductibles : celles-ci ont été poursuivies, comme à l'habitude, sur milieu nutritif au bleu de méthylène (1 goutte de bleu à 0,25 pour 100 par 5^{cm^3}) additionné de 1 goutte par tube de solution ou émulsion aqueuse à 1 pour 100 des différents alcools examinés.

Les résultats des expériences peuvent se résumer de la manière suivante :

Les réactions les plus nettes ont été obtenues avec le *Coriolus versicolor*; elles se sont manifestées par une accélération de la réduction du bleu par rapport à des témoins sans alcools, mais cette accélération varie considérablement avec la nature des alcools.

Alcools primaires. — *Géraniol :* très faible, presque nulle;

Nérol : très faible, mais nette;

Citronellol : très faible.

Alcools secondaires : *Bornéol :* forte; également très nette avec le *Stereum purpureum*, où elle montre un anneau vert en surface et la zone moyenne du tube décolorée;

Menthol : forte; également très nette avec les deux *Stereum*.

Alcools tertiaires : *Linalol :* forte, aboutit à la leucobase, alors que le témoin est encore lilas;

Terpinéol : très forte, aboutit à la leucobase.

Cette différence d'action des alcools primaires, secondaires et tertiaires s'explique aisément, si l'on remarque que l'oxydation directe des alcools primaires par les agents catalytiques tend à les faire passer à l'état d'aldéhydes, mais qu'inversement ces aldéhydes fixent aisément deux atomes d'hydrogène pour redonner l'alcool primaire correspondant; de telle sorte que les actions à la fois oxydantes et réductrices exercées par les ferments fongiques déterminent aux dépens de l'alcool primaire une sorte de circuit fermé annulant à peu près complètement la réaction exercée sur le bleu. Il n'en est pas de même avec les alcools secondaires, dont l'oxydation fournit une cétone, beaucoup plus stable, ni avec les alcools tertiaires, dont la molécule se scinde par oxydation.

MICROBIOLOGIE. — *Les variations morphologiques du bacille symbiotique de* Macrosiphum tanaceti. Note (¹) de M. **A. Paillot**, présentée par M. P. Marchal.

Le mécanisme de la symbiose chez *Macrosiphum tanaceti* a été étudié en détail par Klevenhusen (*Zeitsch. f. Morph. u. Okol. der Tiere*, 9, 1927) qui a signalé l'existence de deux microorganismes symbiotiques : les symbiotes proprement dits, de forme arrondie, qui seraient des Champignons, et des Bacilles filamenteux mesurant 20 et même 30^{μ} de long sur $1^{\mu},5$ d'épaisseur.

Nous avons repris l'étude de la symbiose chez cette espèce et nos recherches ont abouti à des conclusions très différentes de celles de l'auteur allemand. Sur frottis colorés au Giemsa, on constate bien l'existence de formes filamenteuses mesurant jusqu'à 30 et même 60^{μ} de long, mais la plus grande partie des éléments bacillaires ne mesurent guère que 4 à 6^{μ} de long sur $1^{\mu},5$ d'épaisseur. Quelle que soit l'origine des Pucerons (²), les formes courtes sont de beaucoup les plus nombreuses et doivent être considérées comme le type morphologique normal.

Après coloration par le Giemsa, les éléments bacillaires se présentent sous l'aspect de gros bâtonnets à bouts arrondis dont la portion centrale est très souvent légèrement renflée, ce qui leur donne une forme elliptique allongée; la coloration de la masse n'est pas homogène : seuls les contours sont bien colorés ainsi que des bandes transversales en nombre variable suivant la longueur des bacilles.

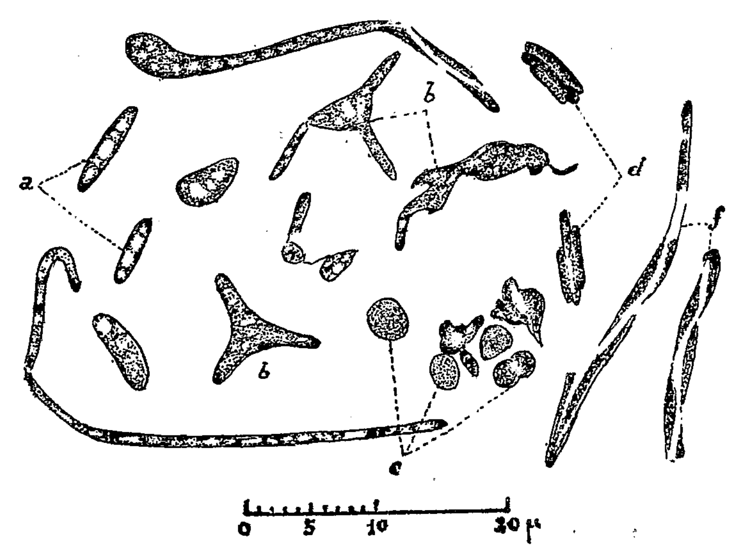
Les formes de croissance, que nous considérons comme les stades intermédiaires entre les Bacilles normaux et les symbiotes arrondis, sont remarquablement nombreuses à certains stades d'évolution du Puceron, en particulier chez les femelles ovipares de la génération sexuée d'automne. Les formes les plus diverses peuvent être observées, ainsi qu'on peut le constater d'après la figure ci-contre; on retrouve là toutes les formes que nous avons observées dans le sang de certaines chenilles inoculées avec divers Coccobacilles entomophytes.

Les bacilles filamenteux se multiplient suivant un mode particulier qui

(¹) Séance du 30 novembre 1931.

(²) Ceux que nous avons étudiés étaient originaires de Lyon, Saint-Genis-Laval, Genève.

ne paraît pas avoir été signalé jusqu'ici chez les bactéries : le filament se clive longitudinalement en donnant naissance à plusieurs fragments plus ou moins allongés d'aspect fusiforme le plus souvent (*f*). Nous, avons observé également la formation de masses géantes par coalescence de plusieurs



Bacilles symbiotiques de *Macrosiphum tanaceti*. *a*, bacilles normaux; *b*, forme de passage; *c*, symbiotes normaux; *d*, coalescence de plusieurs bacilles normaux; *f*, division longitudinale de formes filamenteuses.

éléments bacillaires disposés côte à côte (*d*), ce qui constitue un phénomène non décrit jusqu'ici.

Bacilles normaux et formes de passage se rencontrent en plus ou moins grande abondance dans le sang, mais surtout à l'intérieur des cellules sanguines disséminées dans la cavité générale ou accumulées dans le voisinage du mycétome ; ils forment aussi des amas volumineux à la surface des mycétocytes. Comme nous l'avons exposé en différentes Notes précédentes, il s'agit là de réactions d'immunité antimicrobienne naturelle à la fois humorales et cellulaires déterminant un accroissement en volume du mycétome.

Le polymorphisme des bactéries symbiotiques de *M. tanaceti*, comme d'ailleurs celui de beaucoup de bacilles symbiotiques de Pucerons, ne doit pas être considéré comme une propriété particulière de ces espèces bactériennes, ainsi qu'on l'admet par exemple pour les bactéroïdes des nodosités radiculaires de Légumineuses. La tendance à changer de forme est au contraire un phénomène assez général chez les bactéries; c'est une conséquence de la grande plasticité de la cellule bactérienne. Qu'elle soit particu-

lièrement développée chez les bacilles symbiotiques de Pucerons depuis longtemps adaptés à la vie parasitaire d'une espèce déterminée, il n'y a rien là qui doive surprendre. Mais le polymorphisme a surtout pour cause l'action exercée par le milieu vivant dans lequel se développe la cellule bactérienne. Nous en avons donné de nombreux exemples en étudiant l'infection chez les Insectes. Cette action du milieu sanguin rentre d'ailleurs dans la catégorie des phénomènes d'immunité; elle varie d'intensité suivant le stade de développement du Puceron, suivant les phases du cycle biologique et peut-être aussi suivant la température.

La séance est levée à $16^h 10^m$.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 30 novembre 1931.)

Note de M. *Mandelbrojt*, Généralisation d'un théorème sur les fonctions holomorphes dans un demi-plan :

Page 1056, la formule 2° doit être suivie de l'inégalité

$$|F(z)| < e^{Kx} |\theta(z)|, \quad x \geqq 0.$$

Note de MM. *André Meyer* et *Robert Vittenet*, Les phtalone-imides et leurs dérivés :

Page 1098, ligne 2, *au lieu de* F. 224-236°, *lire* F. 234-236°.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DU LUNDI 14 DÉCEMBRE 1931.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS DE LAUNAY.

En ouvrant la séance, M. **Louis de Launay** prononce l'allocution suivante :

MESSIEURS,

Dans une société comme la nôtre où l'on n'entre guère qu'après avoir dépassé ce que Dante appelait la moitié du chemin de la vie, chaque année apporte ses deuils inévitables et nous devrions nous estimer heureux, si cruelles que soient les pertes subies, quand elles n'atteignent pas tout à fait la moyenne fatale des années antérieures. Mais ces consolations arithmétiques sont d'un faible secours quand on voit disparaître des hommes estimés et aimés qui semblaient avoir encore devant eux bien des découvertes à accomplir.

Au mois de juin, nous avons perdu EUGÈNE COSSERAT, membre non résidant depuis le 31 mars 1919. Notre confrère, né à Amiens le 4 mars 1866, avait débuté au sortir de l'École Normale comme aide astronome à l'Observatoire de Toulouse, où il devait revenir comme directeur. Dans l'intervalle, il fut, de 1895 à 1908, professeur de calcul différentiel et intégral dans la même ville. Ses travaux ont porté aussi bien sur l'astronomie que sur la géométrie et la mécanique. Comme astronome, il a étudié les étoiles doubles, les petites planètes et les satellites des planètes principales, notamment de Saturne. En mécanique, il a apporté une utile collaboration à l'étude de l'élasticité et publié en collaboration avec son frère François Cosserat des travaux philosophiques ayant pour but de faire rentrer les problèmes de la déformation des corps dans le champ de la mécanique rationnelle. Suivant l'expression de Paul Appell, son œuvre variée et profonde va de la géométrie infinitésimale à l'étude de l'équilibre et du mouvement des milieux

continus et de la théorie moderne des fonctions aux fondements de la mécanique et de la physique mathématique.

Au mois d'octobre, la mort nous a enlevé notre Confrère Gabriel Kœnigs, né le 17 janvier 1858, professeur de mécanique physique et expérimentale à la Sorbonne et au Conservatoire. Après de premiers travaux de pure analyse géométrique où il avait montré des vues originales, il s'était consacré à son laboratoire de mécanique qu'il avait créé et où il s'occupait spécialement de la thermodynamique des moteurs et des méthodes d'essai qui les concernent. Il avait apporté à l'installation et à la mise en œuvre de ses appareils des qualités maîtresses d'ingéniosité et de précision, en même temps qu'une remarquable habileté manuelle. Ce laboratoire lui a permis pendant la guerre de réaliser de sérieux progrès dans la construction de divers engins. Parmi ses ouvrages publiés on peut citer son cours professé à la Sorbonne et son introduction à une théorie générale des mécanismes.

L'œuvre de notre associé étranger, Albert A. Michelson a justement acquis une renommée mondiale par l'association toute particulière de la précision avec la hardiesse. Elle a principalement porté sur l'optique et, notamment, sur la mesure de la vitesse lumineuse dans des conditions diverses. On sait comment, par sa fameuse expérience négative sur la vitesse de la Terre par rapport à l'éther, il s'est trouvé le promoteur de la théorie de la relativité, tout en refusant jusqu'au bout de s'associer aux conclusions presque métaphysiques que l'on avait cru pouvoir tirer de son travail. On lui doit des observations astronomiques découvrant pour la première fois l'immensité de certaines étoiles des milliers de fois plus grandes que notre soleil. Il a fourni le moyen de mesurer le mètre étalon avec une précision jusque-là insoupçonnée. En géophysique, il a montré la déformation de la terre sous l'influence du soleil et de la lune et mesuré ainsi la rigidité de l'écorce terrestre.

La mort nous a également enlevé six de nos correspondants.

Dès la première séance de l'année j'avais à annoncer la mort d'Albert Brachet, correspondant de la Section de zoologie, professeur à l'Université de Bruxelles. Ses longs travaux ont porté sur une question d'un haut intérêt philosophique : la reproduction accélérée des types ancestraux dans l'embryogénie avec application spéciale aux batraciens. Il a mis en lumière que

le système nerveux se forme dans une région de l'embryon destinée à devenir la tête et s'est attaché à montrer que l'hérédité réside dans la composition physique et chimique de l'œuf entier.

Raffaello Nasini, mort au mois d'avril, notre correspondant dans la Section de chimie, était un des plus brillants représentants de la chimie italienne. Dans un domaine pratique, il s'est consacré à l'analyse des eaux et des gaz de nombreuses sources thermales où il décela l'argon, le cobalt, le nickel, le vanadium, etc. Il a publié, sur les soffioni et les sources boracifères de Toscane, un ouvrage monumental.

René Koehler, correspondant de la Section de zoologie et d'anatomie, professeur honoraire à l'Université de Lyon, est mort dans le même mois. Il s'était fait surtout connaître par ses études sur les échinodermes des mers profondes recueillis dans les croisières du Prince de Monaco et avait publié un volume important sur les échinodermes de la faune de France. Il avait pu ainsi préciser la distribution géographique des échinodermes et les relations faunistiques des grandes profondeurs abyssales entre elles ou avec les faunes littorales.

Au mois de juin est mort Jacob Eriksson, correspondant de la Section d'économie rurale, professeur de botanique à l'Académie royale de Stockholm. Ses travaux concernent la morphologie des céréales et des parasites des plantes de grande culture, notamment la rouille des céréales. Il a montré que le parasite peut vivre en symbiose dans l'intérieur de la graine ; fait capital qui l'a conduit à orienter la lutte contre les rouilles vers la recherche de céréales réfractaires à ces parasites.

Le 22 août, nous avons perdu Jean Effront, correspondant de la Section d'économie rurale, directeur honoraire de l'Institut national des industries de fermentation à Bruxelles. Son œuvre a porté sur toutes les branches de la chimie des fermentations : saccharification de l'amidon, fermentation alcoolique, vinasses de betteraves, manifestations physiologiques diverses de la levure. On lui doit l'emploi des fluorures en distillerie. Il a écrit également un ouvrage technique très apprécié sur les catalyseurs biochimiques.

Enfin Richard Becke, correspondant de notre Section de minéralogie, professeur à l'Université de Prague, puis recteur de l'Université de Vienne,

mort au mois de septembre, était un des principaux représentants de la minéralogie moderne. A ses travaux de cristallographie, il a joint des études de pétrographie minéralogiques et chimiques, complétées par des diagrammes représentant la composition chimique des roches. En géologie proprement dite on lui doit des cartes et coupes remarquablement précises de la zone des Tauern et des généralisations sur les roches cristallophylliennes, pour lesquelles il a montré l'importance des facteurs physico-chimiques, de la composition chimique, de la température et de la pression.

Jusqu'ici, en rendant un pieux hommage à nos confrères disparus, j'ai retenu votre esprit sur des pensées de deuil. Il est temps maintenant de montrer les joies et les espoirs qui les compensent. Bien que l'Académie s'honore d'être une république, notre cri de ralliement est toujours celui de l'ancienne monarchie : « Le roi est mort, vive le roi ». Dans un temps où l'on ne rougissait pas encore de citer Virgile, cela s'exprimait en disant qu'au rameau arraché se substituait sans cesse une pousse nouvelle. Vous allez entendre la liste des prix décernés cette année. Cette nomenclature, qui pourra vous paraître un peu aride faute de développements nécessaires, prendrait au contraire un singulier attrait si la durée de cette séance permettait de vous faire connaître avec tout leur intérêt la somme énorme de travaux et de progrès réalisés auxquels elle correspond.

On est frappé d'admiration quand on pense que, chaque semaine, le résumé succinct des travaux français, rigoureusement limités chacun à moins de deux pages et demie, remplit un volumineux cahier de nos *Comptes rendus* et que tous les pays du monde peuvent aujourd'hui, à des degrés divers, présenter, dans toutes les langues, une liste quelque peu pareille. Il faut se représenter ces milliers, ces dizaines de milliers de savants travaillant, en ce moment où je parle, dans tant de laboratoires, de chambres méditatives, sur les montagnes, au milieu des forêts, dans les plaines, les uns l'œil fixé sur le champ lointain des nébuleuses, les autres scrutant, au delà même de la vision microscopique, le monde non moins vaste des microbes ou des atomes, ceux-ci calculant des intégrales, ceux-là disséquant des animaux ou des plantes : tous occupés à édifier, sur les premières assises sans cesse reprises et remaniées qui furent la science d'hier, la plus haute et plus hardie science de demain. On éprouve alors un sentiment de stupeur comparable à celui que ressent l'imagination quand elle essaye de concevoir la course simultanée des innombrables astres, ce tourbillon des

soleils au milieu duquel nous roulons emportés par notre grain de sable terrestre, ou simplement, sur notre petite terre, tous les trains de chemin de fer, les paquebots, les avions qui sillonnent à la fois les routes des continents, des océans et des airs et qui tous emportent à leur destination d'une heure des voyageurs impatients d'arriver pour repartir.

Le ministre Fontanes s'émerveillait un jour de pouvoir dire en tirant sa montre : « A cet instant précis tous les écoliers de France commencent à traduire du latin la même version ». Il est plus étonnant de penser à tous ces inventeurs qui, sans obéir à aucun ministre, sans même se concerter autrement que dans quelque congrès, s'appliquent ensemble à nous donner une traduction coordonnée de la réalité sensible : traduction dont les lambeaux disjoints vont se réunir harmonieusement pour concourir à la connaissance de la vérité. On raconte que le physicien Ampère, rencontrant sur le quai de la Seine un défilé de polytechniciens ses élèves, s'arrêta avec émotion pour murmurer à son voisin, un peu interloqué d'abord : « Et songer que tous ces jeunes gens intègrent ». Un homme qui intègre, qui applique l'effort de son esprit à résoudre un problème, c'est la monnaie de la science. Il y a, maintenant, sur tous les continents, des hommes de toutes les couleurs qui intègrent !

Là se réalise vraiment ce fameux progrès dont on nous rebat les oreilles pour prétendre en trouver la manifestation dans des ordres d'idées où il n'apparaît guère. Les découvertes de la science, non plus tenues secrètes comme les tours de main, les arcanes d'un empirisme arriéré, mais immédiatement publiées, vulgarisées, mises à la portée de tous par une académie comme la nôtre, ne peuvent plus se perdre. Même un nouveau flot de barbarie, dont il faut toujours envisager la possibilité, ne saurait plus être assez général pour les anéantir. Et les barbares modernes savent qu'ils ont besoin de la science, tout au moins d'une certaine science, pour fortifier leur barbarie. A vrai dire, les barbares du ve siècle le savaient un peu aussi et le trésor de la science antique a été moins anéanti par eux qu'on ne le croit. Mais ils n'étaient pas aussi pleinement conscients de ce besoin scientifique que le sont les sauvages à aspect civilisé dont la menace assombrit notre horizon.

Dans la fourmilière humaine où l'on n'aperçoit d'abord qu'un tumulte confus, chaque travailleur intellectuel est à sa juste place et chacun accomplit sa tâche pendant les quelques secondes où l'être vivant et pensant apparaît comme une étincelle brillante sur le fond noir de l'éternité. C'est tout simple et c'est grandiose. Notre tour de Babel, malgré la dispersion des

langues qui s'accentue chaque jour avec l'émiettement des vieilles nations, monte incessamment de spire en spire vers la lumière. La forêt des roseaux pensants de Pascal ne se borne pas à bruire confusément sous le vent des nécessités; mais elle a ses initiatives, ses volontés et son but. Son effort, si singulier que cela puisse paraître à la faiblesse de notre raison, aboutit à l'exhausser sans point d'appui matériel ni levier et à l'affranchir. Le savant qui, pour aboutir, doit supposer une cause immédiate à tout effet et admettre provisoirement le déterminisme absolu des phénomènes, ne saurait se considérer lui-même comme un phénomène entièrement déterminé. Il ajoute quelque chose de personnel au poids de conscience antérieur qui incline la balance de sa raison. Il contribue à modifier la substance pensante de l'individu humain non moins que l'aspect matériel du monde où ses sensations l'emprisonnent. Il franchit avec une liberté croissante des immensités sans bornes, comme une ondulation électrique qui vivifie tout sur son passage. S'il y a évolution, il réalise un pas en avant de l'être humain vers un degré plus haut, non seulement de la connaissance, mais aussi de la pensée.

Et les conditions où nous sommes réduits à travailler sont, cependant, quand on y réfléchit, bien étranges. On a beaucoup plaint, dans ces derniers temps, la misère de nos laboratoires. Cette misère est réelle, mais on y remédie par des articles de budget ou des quêtes. Il est une misère plus grande, à laquelle personne ne songe, c'est celle qui est commune à tout homme essayant de conquérir une parcelle de vérité, même s'il se résigne à n'envisager que la vérité physique. Il nous faut explorer un monde extérieur dont l'existence même a pu être mise en doute, avec des sens défectueux interprétés par une raison infirme. De toutes les ondulations qui sillonnent l'espace autour de nous, nous n'avons été façonnés corporellement que pour percevoir un très petit nombre. Un sixième, un septième sens nous manquent, auxquels nous nous efforçons de suppléer par des artifices. Et, de nos cinq sens, un seul permet des mesures un peu précises, la vue, qu'altèrent peut-être à notre insu d'invérifiables et universels daltonismes. Nous errons ainsi à travers l'espace et le temps sans y découvrir aucun point fixe, navigateurs de l'infini réduits à repérer notre position par rapport à un système d'axes qui se déplace et se déforme.

Et, malheureusement, de plus en plus, nous avons l'impression décourageante de cette relativité. L'expérience de Michelson que je rappelais tout à l'heure n'a peut-être pas la portée qu'on a voulu lui attribuer et, comme le physicien américain l'espéra jusqu'au dernier jour, on parviendra peut-

être à mettre en évidence un déplacement de la Terre par rapport à l'éther, à ce qu'on appelait autrefois l'éther, ou à trouver de la négative une explication plus simple. Mais, indépendamment de toute expérience, l'idée du relatif s'est insinuée dans les esprits, où le provisoire, l'accidentel, l'arbitraire ont pris un peu partout la place occupée jadis par l'absolu. Dans le domaine physique comme dans le domaine moral, la notion de loi est ébranlée avec celle de législateur.

Ainsi, à mesure que nous résolvons quelques problèmes, nous nous en posons de nouveaux, ou qui nous paraissent nouveaux parce que depuis longtemps on n'y avait plus songé : des problèmes qui souvent auraient paru à nos pères bien paradoxaux et bien hérétiques. Nous en revenons comme les anciens Grecs à discuter et à confondre les notions de matière et d'énergie, n'admettant plus l'indestructibilité fondamentale de l'une ou de l'autre. Nous constatons un caractère d'approximation dans les lois physiques qui nous plaisaient jadis par leur air de généralité et de rigueur et nous en arrivons à nous demander avec inquiétude si cette notion même de loi physique n'est pas une simple codification locale et provisoire de manifestations amenées par le calcul des probabilités appliqué aux très grands nombres.

La merveilleuse joie de connaître n'est donc pas sans présenter sa contrepartie pour qui envisage le champ toujours croissant de l'inconnu. Dans ce palais de féeries où le jeune chercheur pénètre avec ivresse, il s'aperçoit en avançant que le nombre des salles obscures s'allonge sans cesse devant lui jusqu'à la chambre mystérieuse à l'accès interdit qui devrait lui dévoiler la cause universelle de tous les phénomènes et, là où il a cru apporter un instant quelque lumière, un autre vient trop souvent derrière lui tourner le commutateur qui éteint son phare éphémère ou le diriger dans un sens différent. La première impression quand on s'applique à la science est qu'il existe un large noyau de connu, auquel chacun doit simplement ajouter suivant un rayon quelconque une pellicule de connaissance nouvelle. Plus tard, on tend au contraire à s'apercevoir que le connu est, à la périphérie, superficiel et que le champ profond de l'inconnu, sinon de l'inconnaissable, reste au centre. Le progrès continu de la science prouve à lui seul que cette science n'est jamais définitive. Quand nous relisons avec un air de supériorité dédaigneuse les travaux de la veille, comment ne ferions-nous pas un retour sur nous-mêmes pour appréhender la façon dont nos successeurs envisageront les travaux d'aujourd'hui?

Cependant Pascal l'a dit (cet immense Pascal, auquel on est toujours

ramené quand on pense), l'homme accuse, par la conscience même qu'il a de sa faiblesse, une grandeur qui le superpose à un monde inconscient. Il se montre susceptible de se juger lui-même, en même temps que de reconnaître et apprécier l'ambiance illimitée du non-moi. Avec des instruments dont je viens de souligner l'imperfection, nous obtenons des résultats approximatifs suffisamment exacts entre les limites où nous opérons, et ces approximations successives semblent décrire une courbe, sinon tangente, du moins asymptote à la vérité.

L'astronomie est la science qui a donné le plus vite à l'homme et dans les proportions les plus vastes l'orgueil de prévoir, le plus grand que l'on puisse concevoir après celui de créer. Les physiciens et les chimistes ont à leur tour tenté de mettre la nature en équations. Puis la vie organisée a permis des expériences d'un autre genre venant confirmer et préciser des hypothèses. Peut-être un jour les pauvres géologues, réduits jusqu'ici à explorer un champ de ruines sur la surface de notre petite planète, parviendront-ils eux aussi à prophétiser pour une échéance vérifiable les mouvements du sol futurs....

Chacun apporte dans ses jugements l'esprit particulier de sa science, en admettant qu'il n'ait pas été amené à choisir cette science par la forme de son esprit. Vous ne vous étonnerez donc pas de me voir envisager ces vastes problèmes dans leur application spéciale à la science qui est la mienne.

La géologie s'efforce de répondre à notre curiosité d'historiens et vient ainsi s'intercaler entre la cosmogonie et la préhistoire, remplaçant dans ses calculs les siècles de nos annales par des millions et des dizaines de millions d'années, qui ne sont encore qu'un instant dans l'éternité. Elle nous montre notre lien avec l'univers en nous permettant d'analyser un coin minuscule de l'espace par des observations directes. Ayant un champ d'étude limité mais singulièrement complexe, elle est, à la fois, une science de la matière et une science de la vie. En tant qu'elle procède de l'astronomie, elle pourrait être tentée de mettre, elle aussi, ses lois en équations. Mais, comme elle est également une biologie, elle s'arrête sur cette voie dangereuse et reconnaît à temps que les mouvements des êtres animés, sinon ceux des atomes, n'obéissent pas tous au déterminisme de l'algèbre. Des deux parts, elle trouve dans ses travaux, avec la satisfaction ordinaire des pas chaque jour accomplis, quelques motifs d'humilité.

En histoire, elle énonce, comme toutes les archéologies antérieures à

l'écriture, de premières hypothèses qui étonneraient peut-être fort les témoins des faits accomplis et elle les rectifie peu à peu par des recoupements qui lui donnent à la fin une sorte de certitude. En pratique, elle s'efforce de codifier des lois d'abord empiriques, relatives à un épiderme de quelques kilomètres qui lui est seul un peu accessible et raisonne pour le reste par des inductions et des extrapolations audacieuses qu'elle essaye indirectement de vérifier.

Si on lui demande davantage et si l'on exige d'elle un moyen d'échapper à la continuation de phénomènes destructeurs qu'elle se borne à constater dans le passé, elle se récuse. Nous nous sentons singulièrement impuissants en face d'un cyclone, d'un raz de marée, d'une éruption volcanique, d'un tremblement de terre. L'inondation qui désole nos vallées, la montagne qui s'écroule sur un quartier de nos villes, la nuée ardente qui anéantit en quelques secondes un siècle de travail, la foudre qui n'a pas totalement été arrachée au ciel par Franklin, l'étendue même de nos dévastations humaines opposée à la lenteur de nos constructions nous ramènent vite au sentiment de notre petitesse. Nous croyons disposer de la nature et soudain elle nous démontre qu'elle dispose toujours de nous. C'est le mot de Montaigne se demandant lequel de sa chatte ou de lui se jouait de l'autre. Sortis de la maison tranquille où nous nous sommes divertis au jeu impeccable de nos formules algébriques ou de nos déductions logiques, quand nous nous retrouvons en face de ces énergies formidables que nous pouvons bien canaliser et apprivoiser un instant comme des fauves soumis au dompteur, mais qui ont de si étranges sursauts, nous sommes forcés de constater qu'il est inutile d'invoquer en pareil cas la toute-puissance pacifiante des pouvoirs publics, même appuyée sur des congrès.

Il y a là de quoi faire sourire l'assurance d'un géomètre, d'un astronome ou d'un physicien. Le géologue n'est, lui, ni un devin ni un prophète, ou, s'il se hasarde à prophétiser sur les déplacements des continents, des montagnes et des mers, c'est à si longue échéance qu'il ne court pas grand risque d'être démenti par l'événement, mais n'a non plus aucun espoir de voir ses prévisions glorieusement confirmées. Qu'on n'exagère donc pas nos possibilités ! La géologie est une petite fille de l'astronomie qui, en nous ramenant aux proportions du support humain, nous montre à la fois sa petitesse infinie dans l'espace, sa courte durée dans le temps, — une durée qui nous semblait tout à l'heure si longue par rapport à notre vie — et son intérêt fondamental pour nous. Ce qui se passe dans Arcturus ou dans Véga ne touche guère

que notre imagination et, si notre univers n'est qu'un flocon d'écume dans l'océan des univers, si notre système solaire est un point dans cet univers, c'est de lui seul pourtant que nous subissons l'effet sur notre terre et sur son enveloppe atmosphérique ; c'est cette terre seule où, malgré les promesses de l'astronautique, se localise encore notre existence. Là est le petit jardin dont la culture suffit largement à nous occuper. Là est ce que nous croyons pouvoir appeler un sol ferme où nous reprenons pied après avoir erré de nébuleuse en nébuleuse, tout en constatant que ce sol ferme vibre, ondule, craque et se contracte sans cesse sous nos pas.

Les Himalayas, mis simplement à l'échelle du globe terrestre, ne sont que les inégalités légères d'une peau d'orange; mais nous éprouvons quelque orgueil à les voir par la pensée naître, s'user et s'évanouir. Les mers sont devenues bien étroites à portée de T. S. F.; mais elles ont si longtemps terrifié les âmes que nous sommes fiers de pouvoir suivre leurs déplacements, presque aussi éphémères dans leur passage à la surface des continents que nous-mêmes. Nos travaux de mines qui ne dépassent guère 2^{km} de profondeur sont à peine une piqûre d'épingle dans une boule de 6400^{km} de rayon; mais nous devinons ce qui se passe en dessous et nous arrivons même, par l'étude des séismes, à calculer l'élasticité de l'inaccessible et inconcevable zone centrale. Notre égocentrisme, si puéril qu'il soit, trouve, dans la connaissance, même superficielle, de cette terre où il erre pendant quelques jours, de quoi l'occuper largement. Aujourd'hui que la solidarité des crises physiques, économiques et sociales s'étend à toute cette peau de chagrin raccornie par la T. S. F. et par l'avion, tout ce qui la touche en un point quelconque nous émeut et nous éprouvons une facilité croissante à jongler avec des continents, des chaînes de montagnes ou des flots dont le moindre détail nous est devenu familier.

Ainsi notre bataillon de géologues vient prendre son rang dans cette armée de soldats inconnus qui luttent et périssent glorieusement pour la vérité. Nous profitons de toutes les sciences et nous leur apportons à notre tour un concours. Nous fournissons à l'astronomie un point de détail minutieusement étudié, à la chimie la notion d'une chimie du temps qui déroute et parfois semble démentir les courtes expériences de nos laboratoires, à la physique la conception d'une matière centrale soumise sous des pressions formidables à des intégrations d'atomes suivies de désintégrations possibles, à la botanique ou à la zoologie la manifestation concrète des transformations subies dans le passé, à l'histoire humaine un préambule qui, sans la nécessiter comme on l'a dit, lui donne cependant parfois une explication

des faits. Et tous, nous nous acharnons à voir clair dans les phénomènes, sauf à devoir reconnaître en dernière heure qu'après avoir démêlé quelques-uns de leurs rapports utiles par l'observation et par la logique, nous avons pourtant abouti à tirer vainement la cloche sans battant de l'éternel mystère.

Taine mourant disait : « La nature est une grande dame qui se promène dans une allée de son parc sans regarder si son pied se pose sur quelque fourmi qu'elle écrase. Je vais être écrasé ». Il disait vrai, mais il ne disait pas toute la vérité! Oui, la nature nous écrase; mais nous prévoyons, nous constatons, nous acceptons notre écrasement. Oui notre science est imparfaite et provisoire. Elle pose autant de problèmes qu'elle en résout. Elle ne nous apporte ni la certitude rêvée, ni le perfectionnement de l'humanité, ni la paix entre les nations. Mais elle nous distingue des phénomènes qui nous entourent et nous assure sur eux moralement une supériorité. Oui, l'homme pensant se rattache ou semble se rattacher à la chaîne des êtres organisés qui elle-même se soude à la matière. Mais, s'il est le produit d'une évolution, cette évolution que cherche à reconnaître la science l'a singulièrement distingué de ses prédécesseurs. Oui, la petite tâche obscure qu'il accomplit avec tant de peine est vite oubliée; mais il a rempli ainsi ce qu'il considère noblement comme un devoir. Il a tiré de la vie qu'il n'avait pas demandée le meilleur parti possible pour ceux qui partagent son sort ou qui viendront après lui.

Oui, enfin, notre science n'est pas, elle ne sera sans doute jamais définitive. L'homme inquiet de sa destinée peut en gémir et chercher ailleurs des solutions que la raison ne lui fournit pas. Mais comment le savant, en tant que savant, s'en plaindrait-il? Il se sait l'ouvrier d'une œuvre utile qui améliore sans cesse les conditions de la vie humaine et qui, chemin faisant, occupe et distrait passionnément sa curiosité. Si le dernier mot de la science était déjà dit et le dernier volume de nos *Comptes rendus* paru, s'il fallait fermer demain nos laboratoires et nos académies; si toute l'explication de la nature pouvait être confiée à un immuable phonographe officiel qui nous donnerait, en décrochant un récepteur, la solution de tous les problèmes, quel ne serait pas notre ennui !

Il est bon, pour la recherche scientifique même, d'avoir constamment présent à l'esprit que la science reste à faire et qu'aucun problème n'est définitivement résolu. Les découvertes ne sont pas réalisées par ceux qui ont la foi absolue dans l'impeccabilité de leurs manuels, mais, de plus en plus à mesure que la science vieillit, par ceux qui discutent les conclusions,

qui apportent devant les faits cent fois constatés un esprit nouveau, acquis souvent dans une science voisine et qui reprennent inlassablement, avec des instruments plus parfaits, avec un sens critique plus aiguisé, les mêmes observations, les mêmes mesures, les mêmes expériences, pour en tirer des déductions auxquelles leurs prédécesseurs n'avaient pas songé.

Je donne la parole à M. le Secrétaire perpétuel pour la lecture du palmarès.

PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1931.

RAPPORTS.

MATHÉMATIQUES.

PRIX FRANCOEUR.

(Commissaires : MM. Painlevé, Hamy, Lecornu, Hadamard, Goursat, Borel, Lebesgue, Cartan; Ém. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à feu **Jacques Herbrand**, agrégé de mathématiques, docteur ès sciences, pour ses travaux sur la théorie des corps de nombres.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉCANIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Vieille, Lecornu, Kœnigs, Goursat, Mesnager, Borel, Drach; Jouguet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Hippolyte Parodi**, ingénieur-conseil à la Compagnie d'Orléans, pour ses travaux sur l'électrification des chemins de fer et sur la balistique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PONCELET.

(Commissaires : MM. Vieille, Lecornu, Kœnigs, Goursat, Mesnager, Borel, Drach, Jouguet; Ém. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Chipart**, inspecteur général des mines, pour ses travaux de physique mathématique et de mécanique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ASTRONOMIE.

PRIX LALANDE.

(Commissaires : MM. Em. Picard, Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Lebesgue, A. Cotton, Esclangon, Maurain; Bigourdan, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Irénée Lagarde**, astronome titulaire à l'Observatoire de Paris, pour ses travaux relatifs aux calculs astronomiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX VALZ.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Lebesgue, A. Cotton, Maurain; Ernest Esclangon, rapporteur.)

Le Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Chrétien**, professeur à l'Institut d'optique, pour ses travaux d'optique astronomique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX G. DE PONTÉCOULANT.

(Commissaires : MM. Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Lebesgue, A. Cotton, Esclangon, Maurain; Ém. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Chazy**, chargé de cours à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux de mécanique analytique et de mécanique céleste.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION ANTOINETTE JANSSEN.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Lebesgue, A. Cotton, Esclangon, Maurain.)

Les arrérages de la fondation ne sont pas attribués.

GÉOGRAPHIE.

PRIX GAY.

(Commissaires : MM. Douvillé, Mangin, Lallemand, Lecomte, Fournier, Bourgeois, Ferrié, Fichot; Georges Perrier, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix à M. **Henri Roussilhe**, Ingénieur Hydrographe en Chef de la Marine, ancien Directeur du Service d'Études du Cadastre au Ministère des Finances, actuellement Directeur du Service de Photographie et Cartographie aériennes au Ministère de l'Air, pour son ouvrage intitulé : *Emploi de la photographie aérienne aux levés topographiques à grande échelle*.

L'Ingénieur Hydrographe en Chef de la Marine Roussilhe s'est fait un

nom dans les questions d'application de la photographie aérienne à la topographie.

Ses premières études datent du temps où il était Chef d'un Groupe de Canevas de Tir aux Armées. Placé après la guerre à la tête du Service de la Reconstitution foncière et du Cadastre au Ministère des Régions libérées, puis choisi en 1923 comme Directeur d'un Service d'Études pour la réfection ou la mise à jour du Cadastre au Ministère des Finances, il a créé des instruments et des méthodes de photographie aérienne (notamment un appareil de *redressement* des clichés) qui auraient sans doute permis de remédier, dans un certain nombre d'années, à l'insuffisance de notre système cadastral et à l'état vraiment lamentable de la presque totalité de nos plans cadastraux. On aurait alors enfin résolu cette question capitale de la réfection ou tout au moins de la mise à jour du Cadastre français, question qui se pose depuis plus d'un demi-siècle. Malheureusement, des considérations d'économie mal entendue ont fait réduire considérablement ce Service d'Études et avorter les espérances bâties sur lui.

Aujourd'hui M. Roussilhe est Directeur d'un Service de Photographie et de Cartographie aériennes créé au Ministère de l'Air, Service dont on peut beaucoup attendre pour le développement de la phototopographie en France.

Le livre de 480 pages récemment publié par lui, acccompagné d'un atlas de 33 planches, expose la théorie et la pratique de la méthode qu'il a mise au point pour l'exécution de levés à grande échelle par la photographie aérienne. Fortement documenté, il constitue en somme la synthèse des beaux résultats obtenus par M. **Roussilhe** depuis 1915. Il est tout à fait digne d'une récompense de l'Académie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX TCHIHATCHEF.

(Commissaires : MM. Douvillé, Mangin, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Ferrié, Fichot, Perrier; Lecomte, rapporteur.)

Le *Catalogue des Produits de l'Indochine* est une œuvre de longue haleine, entreprise il y a 14 ou 15 ans par deux fonctionnaires du Tonkin, MM. **Ch. Crevost** et **Lemarié**. Les trois premiers tomes de ce catalogue eurent pour auteurs MM. Ch. Crevost et Lemarié :

Tome I : *Produits alimentaires* (1917-1919);
Tome II : *Produits filamenteux et textiles* (1919-1921);
Tome III : *Matières grasses d'origine végétale* (1922-1924);
Tome IV : *Résines, oléorésines*, etc., par Ch. Crevost seul (1925);
Tome V : *Produits médicinaux* (1929-1930), par MM. Ch. Crevost et Alfred Pételot.

Le tome V, consacré aux « Produits médicinaux », se fait remarquer par une documentation précise due à la collaboration spéciale de M. Alfred Pételot.

Les vieux livres *Pen Tsao*, ayant trait à la médecine chinoise avec *Flora sinica* du Polonais Poyom, suivi par *Flora japonica* de Thunberg, ont été longtemps les premiers éléments connus sur la connaissance de la Pharmacopée de l'Extrême-Orient. Aujourd'hui, grâce à la publication en cours de la Flore générale de l'Indochine, dont M. Alfred Pételot est un des collaborateurs dévoués, le terrain est en partie déblayé et la Pharmacopée indochinoise entre désormais dans une phase nouvelle. La deuxième et dernière partie du Catalogue des Produits médicinaux suivra la publication prochaine des derniers fascicules de la Flore générale de l'Indochine.

La Commission propose d'attribuer le prix Tchihatchef (1931) aux deux auteurs du tome V des Produits de l'Indochine (*Produits médicinaux*) :

M. **Charles Crevost**, directeur du Musée M. Long à Hanoï;
M. **Alfred Pételot**, professeur à l'École d'agriculture à Hanoï.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX ALEXANDRE GIVRY.

(Commissaires : MM. Douvillé, Mangin, Lallemand, Lecomte, Fournier, Bourgeois, Perrier; Fichot, rapporteur.)

M. l'ingénieur hydrographe principal **André Gougenheim**, entré dans le corps des Ingénieurs hydrographes en 1922, s'est déjà signalé par de nombreux travaux originaux. Dès 1928, sa formation professionnelle était assez complète pour qu'on pût lui confier la réfection de la carte des abords de Djibouti, opération dont il assura, presque à lui seul, la préparation et l'exécution. En 1929, le Gouvernement du Congo belge ayant fait appel au concours d'un hydrographe français pour coopérer au choix de l'emplacement d'un port maritime en eau profonde à l'embouchure du Congo,

c'est M. Gougenheim qui fut chargé de cette délicate mission : ses travaux mirent en évidence les avantages que présentait la baie de Banane, dont l'aménagement fut dès lors décidé. En 1930-1931, M. Gougenheim dirigea, avec la même compétence et le même succès, les travaux de la Mission hydrographique de l'Indochine.

Cet ingénieur ne borna pas d'ailleurs son activité au domaine purement hydrographique : il fit preuve, en maintes circonstances, du meilleur esprit scientifique. En 1926, il prit, en qualité d'observateur à l'astrolabe à prisme, à la station principale d'Alger, une part remarquée à l'opération des longitudes fondamentales ; il montra à cette occasion tout le parti qu'on peut tirer de l'astrolabe pour l'étude des variations des latitudes (*Comptes rendus*, séance du 30 juillet 1928).

Il a publié également une étude intéressante sur l'emploi de la projection Lambert en Hydrographie.

Par tout cet ensemble de travaux très divers, M. **Gougenheim** a paru digne à votre Commission de recevoir le prix Givry.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

NAVIGATION.

PRIX DE LA MARINE.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Kœnigs, Mesnager, Laubeuf, Ferrié, Fichot, Perrier, Drach, Jouguet ; Vieille et Charcot, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 3000^{fr} à M. **Eugène Burlot**, ingénieur des Poudres, pour son mémoire intitulé : *Étude expérimentale de la détonation par influence. Application au problème de la sécurité des ateliers, dépôts et parcs de stockages renfermant des substances explosives ;*

Un prix de 1500^{fr} à M. **Charles Bertin**, directeur de l'École nationale

de navigation de Saint-Malo, pour sa méthode de navigation maritime et aérienne;

Un prix de 1500[fr] à M. **Gabriel Voitoux**, capitaine de vaisseau en retraite, pour son ouvrage intitulé : *La navigation aérienne transatlantique*.

Rapport de M. Paul Vieille *sur les études de M.* **Eugène Burlot**.

M. **Burlot**, ingénieur en chef au corps des Poudres, poursuit, depuis plus de quinze années, des études théoriques et expérimentales, de première importance, sur la force des explosifs, leurs effets mécaniques et la propagation de la détonation par l'onde explosive dans les milieux solides, liquides et gazeux.

Membre rapporteur de la Commission des Substances explosives, il a été chargé de l'organisation de toutes les recherches entreprises sur l'initiative de cette Commission interministérielle qui dispose des puissants moyens d'action des grands services de la Guerre, de la Marine et des Mines.

Il a su non seulement mener à bien ces études collectives et en rapporter les résultats, mais les éclairer et les compléter par des recherches théoriques et expérimentales entièrement personnelles, qui ont fait l'objet de mémoires étendus publiés dans le *Mémorial des Poudres*, le *Mémorial de l'Artillerie française* et les *Annales des Mines*.

C'est pour l'ensemble de ces travaux que votre Commission vous propose de lui attribuer la moitié du prix extraordinaire de 6000[fr] de la Marine.

Rapport du D[r] Jean Charcot *sur les Tables de navigation du commandant* **Ch. Bertin**.

La méthode **Bertin** de navigation maritime et aérienne est basée sur le remplacement du triangle de position par un couple de triangles sphériques rectangles, résolus successivement dans la même table.

Le logarithme est ainsi délaissé; les solutions sont géométriques et obtenues avec une grande rapidité et précision sans ambiguïté possible. Les opérations de calcul sont réduites à presque rien; les règles de signe sont générales et immanquables.

Le Carnet fournit le dixième de degré et la Tablette le dixième de mille marin. Dans cette dernière l'auteur a proposé une « droite-radio » intéres-

sante pour l'emploi des azimuts goniométriques, puis une droite azimutale stellaire inédite.

Cette méthode devenue d'ailleurs réglementaire à l'École navale rend les plus grands services à la navigation maritime et aérienne.

Rapport du Dr Jean Charcot *sur le travail du commandant* **Voitoux** « *La Navigation aérienne transatlantique* ».

Le commandant **Voitoux**, dans le but de préciser les entreprises qui se préparaient avec un matériel insuffisant, fit en navigateur expérimenté la laborieuse compilation de multiples documents, utilisant notamment la totalité des éléments contenus dans les observations météorologiques relevées à la mer. De la judicieuse interprétation des éléments ainsi relevés et classés il ressort que : 1° l'ouvrage traite entièrement le sujet abordé et le bien-fondé de chaque point est démontré; 2° les envolées depuis 1927, aussi bien celles heureuses que les autres, ont toutes confirmé la justesse des théories pratiques de l'auteur et sanctionné les conclusions de l'auteur. Cet ouvrage a donc déjà rendu et rendra encore de grands services à la navigation aérienne transatlantique.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX PLUMEY.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Kœnigs, Mesnager, Ferrié, Fichot, G. Perrier, Charcot, Drach, Jouguet; Laubeuf, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Marcel-Edmond Gautier**, ancien élève de l'École polytechnique, ingénieur en chef du Génie maritime, pour ses mémoires traitant les combustibles employés dans les moteurs Diesel et la suralimentation de ces moteurs.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PHYSIQUE.

PRIX KASTNER-BOURSAULT.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, Villard, Branly, Janet, Brillouin, Perrin, Cotton, M. de Broglie; Fabry, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Francis Perrin**, assistant de chimie à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur la fluorescence.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GASTON PLANTÉ.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, Villard, Branly, Janet, Brillouin, Perrin, M. de Broglie, Fabry; Cotton, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Émile Pierret**, assistant de physique à la Faculté des sciences de Nancy, pour ses recherches sur les ondes électromagnétiques de grande fréquence.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HÉBERT.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, Villard, Branly, Janet, Brillouin, Perrin, Cotton, M. de Broglie; Fabry, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Gustave Ribaud**, professeur de physique expérimentale à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour son traité de Pyrométrie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, Villard, Branly, Brillouin, Perrin, Cotton, M. de Broglie, Fabry; Paul Janet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges Darrieus**, ingénieur des arts et manufactures, pour l'ensemble de ses travaux sur l'Électrotechnique, et en particulier sur le calcul des lignes à haute tension.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HUGHES.

(Commissaires : MM. Villard, Branly, Paul Janet, Brillouin, Perrin, Cotton, M. de Broglie, Fabry; Ém. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **René de Mallemann**, professeur sans chaire à la Faculté des sciences de Nancy, pour ses travaux sur la polarisation rotatoire magnétique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PIERSON-PERRIN.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, Villard, Branly, Paul Janet, Brillouin, Perrin, M. de Broglie, Fabry; Cotton, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges Reboul**, professeur de physique à la Faculté des sciences de Montpellier, pour l'ensemble de ses recherches sur les propriétés des substances semi-conductrices.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CLÉMENT FÉLIX.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, Villard, Branly, Paul Janet, Brillouin, Perrin, M. de Broglie, Fabry; Cotton, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à Mlle **Madeleine Chenot**, professeur de sciences au Lycée de Nancy, pour la

continuation de ses recherches sur la décharge en haute fréquence dans les gaz raréfiés.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

CHIMIE.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Le Chatelier, Béhal, Bertrand, Matignon, Delépine, R. Fosse; Urbain et Desgrez, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Léon Brunel**, docteur ès sciences physiques, pharmacien en chef des asiles et hospices de la Seine, chef du service technique des établissements classés. M. Brunel a publié de nombreux travaux ressortissant à l'industrie, plus particulièrement sur les composés hydroaromatiques et leurs applications. Comme chef du service des établissements classés et membre du Conseil d'hygiène de la Seine, il a contribué à la solution de quelques problèmes importants d'hygiène industrielle. Ses travaux intéressent, en particulier, les ateliers de traitement et dépôts de liquides inflammables, les fabriques de vernis, les ateliers utilisant des carbures chlorés comme solvants; les conditions d'hygiène et de sécurité dans les garages d'automobiles installés en sous-sols superposés; les précautions à prendre dans l'emploi du mazout pour le chauffage des locaux, la condensation des poussières dans les ateliers, etc. Les résultats les plus originaux de ces recherches ont été publiés dans nos *Comptes rendus*.

La Commission propose en outre d'attribuer une mention honorable de 1500^{fr} à M. **Georges Champetier**, assistant à l'Institut de biologie physicochimique pour ses travaux sur la protection des populations civiles contre l'ypérite.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JECKER.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Le Chatelier, Béhal, Urbain, Desgrez, Matignon, Delépine, Fosse; G. Bertrand, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Ernest Fourneau**, membre de l'Académie de médecine, chef de service à l'Institut Pasteur, pour l'ensemble de ses travaux de Chimie organique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CAHOURS.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Le Chatelier, Béhal, Urbain, Bertrand, Desgrez, Matignon, Delépine; R. Fosse et Grignard, rapporteurs.)

La Commission propose de partager les arrérages de la fondation entre :

M. **Arthur Brunel**, assistant bénévole au Muséum national d'histoire naturelle, pour ses travaux sur les ferments végétaux;

M. **Jean Dœuvre**, chef de travaux de chimie générale à la Faculté des sciences de Lyon, pour ses études sur le citronnellol et le rhodinol.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HOUZEAU.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Le Chatelier, Béhal, Urbain, G. Bertrand, Desgrez, Delépine, R. Fosse; Matignon, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix Houzeau à M. **Henri Marcelet**, ingénieur chimiste à Nice, docteur en pharmacie, pour l'ensemble de ses travaux.

M. Marcelet s'est consacré depuis longtemps à l'étude des huiles d'animaux marins, étude qui avait été négligée en France depuis les travaux classiques de Chevreul. Au cours de ces recherches étendues à des huiles d'origines variées, il mit en évidence un certain nombre de faits nouveaux intéressants.

Dans les huiles provenant des squales, il reconnut la présence d'un carbure d'hydrogène nouveau, le squalène; son étude, interrompue au moment de la guerre, lui fit perdre la priorité de cette importante découverte, qui mettait en évidence, pour la première fois, l'existence d'un carbure d'hydrogène comme corps de réserve chez certains poissons.

L'examen des différentes huiles retirées de la tête du dauphin établit que les corps gras d'un même organe présentent des différences énormes dans leur composition.

Les huiles de poisson pourraient être utilisées comme carburants à bord des bateaux de pêche; en vue de cette application, M. Marcelet détermina la chaleur de combustion des huiles de diverses provenances.

Dans l'huile provenant du *Dorosoma nasus*, il isola un nouvel acide gras saturé $C^{17}H^{34}O^{2}$, l'acide dorosomique, fondant à 55°, donnant un éther méthylique dont le point de fusion est 30°. L'ensemble de ses propriétés caractérise un acide qui n'a jamais été rencontré jusqu'ici dans les huiles de poisson.

On sait que la lumière de Wood provoque la fluorescence des corps gras. M. Marcelet, le premier, a soumis cette fluorescence à l'examen spectrographique; il a pu ainsi caractériser les diverses huiles commerciales. En particulier, il lui a été possible, par l'analyse de cette fluorescence, de déceler la présence de l'huile de pulpe d'olive dans une huile d'olive.

Il importe de remarquer en terminant que M. **Marcelet** a effectué tous ses travaux dans son laboratoire privé de Nice; ces conditions spéciales soulignent les mérites du chercheur isolé.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

PRIX DELESSE.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Barrois, Wallerant, Mangin, de Launay, Sabatier, Cayeux, Ch. Jacob; Douvillé, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Léon Carez**, docteur ès sciences, licencié en droit, pour son œuvre géologique sur les Pyrénées.

Les premiers travaux de Carez remontent à l'année 1877; dès cette époque, ses maîtres, Hébert et Munier-Chalmas, avaient appelé son attention sur la géologie du versant méridional des Pyrénées; il consacre trois voyages à l'exploration du terrain tertiaire de cette région, exploration dans laquelle il parcourt plus de 4000^{km} constamment à pied. Il en fait l'objet d'une thèse importante de doctorat en 1881.

En 1886 il publie avec Vasseur la première carte géologique de la France au $\frac{1}{500000}$. Dès 1889 il collabore activement au Service de la Carte géologique de France; il se consacre à l'exploration des Pyrénées, d'abord dans la région orientale, Aude, Ariège, Haute-Garonne, puis plus à l'Ouest jusqu'à Biarritz. On lui doit les tracés géologiques des terrains secondaires pour les feuilles de Mauléon et de Tarbes. Mais son ouvrage capital est la *Géologie des Pyrénées françaises* en six volumes in-4°, qu'il publie de 1903 à 1909. Elle débute par un index bibliographique de 2197 numéros, comprenant toutes les publications faites sur la région jusqu'à cette date. Pour chaque terrain il fait d'abord un résumé historique des travaux précédents et il le fait suivre d'une description sommaire d'après ses propres observations. Cet ouvrage considérable a rendu et rendra les plus grands services à tous ceux qui s'intéressent à la géologie des Pyrénées.

Dans un septième volume (1912), publié dans les *Mémoires de la Société géologique*, il résume ses conclusions et il ajoute : « je me suis attaché à rester dans le domaine strict des observations, tandis que de nouvelles théories, généralisant hâtivement des observations trop peu nombreuses, devenaient peu à peu en faveur... », et en terminant : « un jour viendra, dit-il, où on les abandonnera, où l'on s'occupera plus des faits et un peu moins des théories, et où l'on reconnaîtra qu'il a été fait abus des théories.... Nos jeunes confrères se souviendront alors de l'opinion que j'ai exposée au mois de juin 1910. »

Ce dernier travail venait couronner brillamment les trente années d'explorations qu'il venait de consacrer à l'étude des Pyrénées.

Près de vingt années ont été nécessaires pour faire triompher les vues prophétiques de **Carez** : aujourd'hui on ne peut que rendre justice au bel ensemble de ces travaux et à l'œuvre considérable qu'il a réalisée. La Commission propose à l'unanimité de lui décerner le prix Delesse.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX VICTOR RAULIN.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Barrois, Douvillé, Wallerant, Mangin, Sabatier, Cayeux, Ch. Jacob; L. de Launay, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Eugène Raguin**, ancien élève de l'École polytechnique, ingénieur des mines attaché au Service de la Carte géologique de France, pour son œuvre géologique dans les Alpes et le Massif Central.

Observateur sagace, interprète habile et ingénieux de ses observations, M. Raguin, partout où il a passé, a su voir le problème important, grouper les faits susceptibles de contribuer à sa solution et en tirer une conclusion quelquefois hardie mais toujours solidement appuyée. Dans les Alpes il a dressé les cartes au 50000e de la zone frontière qui prolonge le massif du Grand Paradis. Dans le Plateau Central il a porté une attention toute spéciale sur les zones broyées dont il a précisé le tracé et montré les rapports avec les massifs adjacents, où il a décrit de curieux phénomènes de recouvrement. Ses études sur les terrains cristallophylliens et sur leurs dislocations constituent une œuvre d'ensemble qui apporte de la lumière dans une question particulièrement obscure.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JOSEPH LABBÉ.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Barrois, Douvillé, Wallerant, Mangin, L. de Launay, Sabatier, Ch. Jacob; L. Cayeux, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Lucien Thiébaut**, chargé de cours à la Faculté des sciences de Nancy.

Parmi les travaux de M. **J.-L. Thiébaut**, la Commission a retenu en toute première ligne l'important mémoire qu'il a publié comme thèse, en 1925, sous le titre de *Contribution à l'étude des sédiments argilo-calcaires du Bassin de Paris*.

L'étude d'un grand nombre de formations qualifiées d'argiles et de marnes, d'âge triasique, jurassique, crétacé et tertiaire, par une méthode d'analyse fractionnée, mise au point par l'auteur, lui a permis de découvrir

des alumo-silicates très altérables, à base de protoxyde de fer, de magnésie et de potasse, considérés comme des variétés de *bravaisite*. Contre toute attente, l'argile proprement dite manque dans tous ces dépôts et la présence de la potasse, qui fait partie intégrante de la bravaisite, y est constante. Et, point capital, ce minéral, très sensible aux agents atmosphériques, s'altère facilement, si bien qu'il serait pour les plantes une source de potasse beaucoup plus intéressante au point de vue pratique que le mica blanc.

Pour M. **J.-L. Thiébaut**, la glauconie et la bravaisite ont des caractères communs, militant en faveur d'une formation analogue. Ce qui revient à dire que la bravaisite doit prendre naissance par l'action chimique de l'eau de mer sur les apports terrigènes.

Ses études l'ont conduit à une conclusion générale, antérieurement formulée par Van Hise, à savoir que, dans leur ensemble, les sédiments marins argileux ont la même composition chimique que les roches métamorphiques d'origine sédimentaire. En particulier, la potasse y existe en même proportion que dans la plupart des gneiss et des pyroxénites.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

BOTANIQUE.

PRIX DESMAZIÈRES.

(Commissaires : MM. Bouvier, A. Lacroix, Lecomte, Dangeard, G. Bertrand, Molliard, Blaringhem; L. Mangin, rapporteur.)

Votre Commission a retenu le travail posthume de M. **Gaston Ollivier** : *Étude de la Flore marine de la Côte d'Azur*, où l'auteur, dans une première partie, examine les conditions qui président à la répartition des Algues; dans la seconde partie, systématique, il signale et étudie des espèces rares ou nouvelles avec leurs parasites.

Votre Commission vous propose de lui attribuer le prix Desmazières.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MONTAGNE.

(Commissaires : MM. Bouvier, A. Lacroix, Mangin, Costantin, Lecomte, G. Bertrand, Molliard, Blaringhem; Dangeard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. l'abbé **Pierre Frémy**, docteur ès sciences, professeur à l'Institut libre de Saint-Lô, pour son ouvrage intitulé : *Les Myxophycées de l'Afrique équatoriale française*.

La Normandie est la terre privilégiée des naturalistes : il en est toute une phalange dont le renom dans les branches diverses des sciences naturelles s'est étendu bien au delà de leur province; parmi eux, les algologues tiennent une bonne place avec Le Jolis de Cherbourg, Chauvin de Caen et surtout Alphonse de Brébisson qui, à une époque où les instruments étaient loin d'avoir la perfection qu'ils possèdent aujourd'hui, nous a donné, dans ses *Algues de Falaise*, des descriptions d'une exactitude et d'une précision admirables.

Votre Commission, en présentant à l'unanimité l'abbé Frémy de Saint-Lô pour le prix Montagne, a voulu récompenser un digne continuateur de ces infatigables chercheurs; comme eux, il a eu de bonne heure le goût de la recherche désintéressée : alors que ses fonctions de professeur ne lui laissaient que peu de loisirs, il a consacré ceux-ci en entier à ses études favorites sur les Myxophycées.

Il n'est pas exagéré de dire que, parmi les groupes d'Algues, celui des Myxophycées est, de tous, le groupe qui présente les difficultés les plus grandes du point de vue de la distinction des espèces; les teintes y varient à l'infini dans des conditions mal déterminées, les formes sont innombrables, les transitions entre espèces sont presque imperceptibles, et la limite des variations pose des problèmes que l'on supposerait volontiers insolubles.

Ce sont ces difficultés mêmes qui, loin de rebuter notre modeste savant, l'ont attiré, l'ont passionné et l'ont si bien retenu qu'il est devenu un spécialiste consulté de partout : nombreux sont les correspondants qui s'adressent à lui; nombreuses aussi sont les publications de l'abbé **Frémy** sur ces algues myxophycées qu'il a si patiemment et si longuement étudiées.

Si l'attribution du prix Montagne vise spécialement le gros mémoire accompagné de belles illustrations qui a pour titre : *Myxophycées de l'Afrique équatoriale française*, elle est destinée également dans la pensée de

la Commission à récompenser l'œuvre entière du naturaliste qui a donné un si bel exemple d'activité scientifique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JEAN THORE.

(Commissaires : MM. Bouvier, A. Lacroix, Mangin, Costantin, Lecomte, G. Bertrand, Molliard, Blaringhem; Dangeard, rapporteur.)

M. **Georges Deflandre** a présenté à l'Académie des sciences en vue du prix Thore un certain nombre de notes et mémoires d'importance assez différente, mais qui toutes décèlent chez leur auteur un véritable tempérament de naturaliste.

Votre Commission a surtout retenu une monographie du genre *Trachelomonas*, acceptée comme Thèse de doctorat de l'Université de Paris, puis une seconde monographie relative au genre *Arcella*, si riche en espèces, et enfin un volume d'initiation abondamment illustré, consacré à la faune et à la flore microscopique des eaux.

M. G. Deflandre est un excellent guide : peu lui importe d'ailleurs la nature animale ou végétale des organismes qu'il récolte et étudie : ceux-ci possèdent des caractères qui permettent de les distinguer et de les classer : cela lui suffit.

La nature de son esprit l'incite à remarquer les plus faibles différences de structure : aussi de simples variétés semblent parfois avoir ses préférences, ce qui, au fond, est assez naturel puisqu'elles sont plus rares et moins connues.

Les études poursuivies par M. **G. Deflandre** dans des conditions de travail difficile méritaient d'être encouragées par l'Académie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DE LA FONS MÉLICOCQ.

(Commissaires : MM. Bouvier, A. Lacroix, Costantin, Lecomte, Dangeard, G. Bertrand, Molliard, Blaringhem; Mangin, rapporteur.)

L'absence de candidats à ce prix ne permettant pas de l'attribuer dans les conditions du testataire, votre Commission vous propose de l'attribuer

à M. **Jean des Cilleuls**, docteur ès sciences, pour son travail sur le Plancton de la Loire où il a fait œuvre de novateur, l'étude du plancton des fleuves ayant été jusqu'alors négligée.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DE COINCY.

(Commissaires : MM. Bouvier, A. Lacroix, Costantin, Lecomte, Dangeard, G. Bertrand, Molliard, Blaringhem; Mangin, rapporteur.)

M. **Adolphe Prunet**, professeur honoraire à la Faculté des sciences de Toulouse, a consacré de longues années à l'étude de la maladie du châtaignier, dite maladie de l'encre. Il a eu l'idée d'employer les châtaigniers exotiques et principalement des châtaigniers japonais pour combattre la maladie. Les nombreux essais qu'il a entrepris ont vérifié ses vues et les châtaigniers japonais sont maintenant, grâce à lui, employés, à cause de leur résistance à la maladie, pour la reconstitution des châtaigneraies.

Votre Commission vous propose de lui accorder le Prix de Coincy.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JEAN RUFZ DE LAVISON.

(Commissaires : MM. Bouvier, A. Lacroix, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, G. Bertrand, Blaringhem; Molliard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Émile Michel-Durand**, directeur adjoint du Laboratoire de biologie végétale de Fontainebleau, pour l'ensemble de ses travaux *Sur la variation des substances hydrocarbonées dans les feuilles* et *Sur les composés tanniques*.

L'auteur a apporté dans ces deux importants mémoires un nombre considérable de faits très soigneusement établis, fruit de nombreuses années de recherches poursuivies avec une remarquable continuité d'efforts; il s'est occupé en particulier du rôle physiologique si controversé des tannins et a montré qu'on ne peut aborder de façon utile ce problème qu'en tenant compte de l'extrême diversité que présentent les substances envisagées en ce qui concerne leur composition chimique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

PRIX CUVIER.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Marchal, Joubin, Mesnil, Caullery; Ch. Gravier, rapporteur.)

M. **François-X. Lesbre**, correspondant de l'Académie de médecine, élève, puis collaborateur de Chauveau et d'Arloing, a consacré toute sa vie à l'étude de l'anatomie et à son enseignement à l'École vétérinaire de Lyon, dont il devint le Directeur.

Ses nombreuses et importantes publications se rapportent à l'anatomie comparée, à la morphologie et à la tératologie des Mammifères. L'un de ses principaux ouvrages est la cinquième édition du *Traité d'Anatomie comparée des animaux domestiques* de Chauveau et Arloing, considérablement augmentée et refondue par M. Lesbre en deux volumes de 700 pages chacun, devenue classique partout, en France comme à l'étranger.

Le traité de *Tératologie de l'Homme et des animaux*, si remarquable tant au point de vue du fond qu'à celui de la forme, est un véritable chef-d'œuvre. M. Lesbre est, sans conteste, l'un des tératologistes les plus en vue à l'heure actuelle.

C'est certainement dans ses divers mémoires d'anatomie que l'on constate le mieux l'originalité et l'intérêt de ses recherches. Dans cet ordre de publications, il faut citer ses belles monographies des Camélidés et du Porc-épic, ses recherches de premier ordre en myologie comparée, sur le squelette et l'ossification, sur les circonvolutions cérébrales, sur les caractères anatomiques différentiels du Cheval, de l'Ane et du Mulet, du Mouton et de la Chèvre, des Chameaux et des Lamas, du Lièvre et du Lapin.

M. Lesbre n'est pas resté confiné dans le domaine de l'anatomie pure, comme le montrent son mémoire sur l'hybridation et ses travaux sur le pneumo-spinal.

La Commission du prix Cuvier attache une grande valeur honorifique à ce prix qui, en général, est considéré comme le couronnement d'une belle carrière scientifique. Aussi, à l'unanimité, a-t-elle proposé de l'attribuer

cette année à M. **F.-X. Lesbre** qui, justement, a continué avec autant de conscience que de distinction l'œuvre de l'illustre fondateur de l'anatomie comparée.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION SAVIGNY.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Marchal, Mesnil, Gravier, Caullery; Joubin, rapporteur.)

M. **Robert Dollfus**, envoyé par le Muséum en mission dans la mer Rouge en décembre 1927, est resté jusqu'en 1929 dans cette région.

Il s'est livré, dans la partie septentrionale de cette mer, ainsi que dans le canal de Suez, à des recherches de faunistique et de biologie, les unes en vue de la science pure, les autres en vue de leurs applications à l'industrie de la pêche. Ayant eu à sa disposition plusieurs chalutiers, il a pu faire une exploration méthodique des fonds du golfe de Suez et du golfe d'Akaba, il en a dressé une carte et caractérisé chacun des faciès reconnus par sa faune spéciale.

Entre temps M. Dollfus a fait de nombreuses observations côtières sur les invertébrés, notamment les Madrépores et les Algues. Il a exécuté aussi de nombreuses pêches planctoniques de jour et de nuit et relevé des températures et des salinités des eaux à toutes les époques de l'année.

Le triage et le classement des importantes collections qu'il a rapportées montrent que les résultats de la mission de M. Dollfus constituent une importante contribution à la connaissance de la faune de la mer Rouge.

L'auteur a étudié une question qui intéresse vivement les naturalistes : celle du mélange de la Faune de la Méditerranée avec celle de la mer Rouge par le canal de Suez. De l'ensemble de ses constatations il résulte que de nombreuses espèces de la mer Rouge ont passé et passent encore le canal pour s'installer en Méditerranée et que, par contre, aucune espèce méditerranéenne ne passe en mer Rouge.

Les espèces communes aux deux mers ne sont pas originaires de la Méditerranée; elles sont cosmopolites, vivant tout autour de l'Afrique et existaient dans la mer Rouge bien avant le percement du canal de Suez.

Le travail de M. Dollfus est intéressant et important; il répond bien aux

conditions du prix Savigny. La Commission propose en conséquence d'attribuer ce prix à M. **Robert Dollfus**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Branly, Richet, Mesnil, Vincent, Calmette ; Quénu, Leclainche, Bazy et Achard, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Une médaille d'or Montyon à M. **Edoardo Perroncito**, correspondant de l'Académie des sciences, pour l'ensemble de son œuvre scientifique ;

Un prix de 2500fr à M. **Maurice Auvray**, membre de l'Académie de médecine, chirurgien des hôpitaux, pour son ouvrage intitulé : *Maladies du crâne et de l'encéphale ;*

Un prix de 2500fr à MM. **Henry Chabanier**, ancien interne des hôpitaux, et **Carlos Lobo-Onell**, docteur en médecine, pour leur ouvrage intitulé : *Exploration fonctionnelle des reins ;*

Un prix de 2500fr à MM. **Maurice Villaret**, professeur, **François Saint-Girons**, chef de laboratoire, et **Louis Justin-Besançon**, chef de clinique et de laboratoire à la Faculté de médecine de Paris, pour leur ouvrage intitulé : *La pression veineuse périphérique. Étude physiologique, clinique et thérapeutique ;*

Une mention honorable de 1500fr à M. **Émile Césari**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, pour ses recherches sur la fonction antigénique des lipoïdes ;

Une mention honorable de 1500fr à M. **Paul Génaud**, licencié ès sciences, médecin de l'Armée, pour sa thèse intitulée : *Recherches sur les échanges d'ions entre cellules de levure et solutions salines ;*

Une mention honorable de 1500^{fr} à Mme **Mélina Lipinska**, ancien externe des hôpitaux de Paris, pour son ouvrage intitulé : *Les femmes et le progrès des sciences médicales*.

Rapport de M. Leclainche *sur l'œuvre de M.* **Perroncito.**

En proposant à l'Académie de décerner une médaille d'or Montyon à M. le professeur **Edoardo Perroncito**, la Commission a voulu donner à son illustre correspondant un témoignage de haute estime pour son œuvre scientifique.

Au cours de sa longue carrière, M. Perroncito a réalisé de nombreuses et importantes recherches de pathologie, de parasitologie et de bactériologie ; mais son nom est surtout attaché à l'étude de l'anémie des mineurs du Saint-Gothard, poursuivie pendant les années 1880 et suivantes.

En démontrant la nature de l'affection, due à la présence dans l'intestin de larves d'ankylostomes, et en précisant les modes de l'infestation, il a permis d'établir aussitôt une prophylaxie des accidents.

L'attribution de la récompense exceptionnelle accordée commémore le cinquantenaire d'une découverte qui a sauvé, dans tous les pays, nombre de vies humaines.

Rapport de M. P. Bazy *sur les travaux de M.* **Maurice Auvray.**

M. **Auvray** nous a envoyé un important volume sur *Les maladies du crâne et de l'encéphale*.

Non seulement il y a dans ce volume une mise au point très précise des notions que nous possédons sur ces affections, mais une contribution personnelle, basée sur une expérience personnelle étendue, à nombre de questions et notamment aux lésions traumatiques que la pratique des blessures de guerre lui a permis de traiter avec la plus grande compétence.

Rapport de M. Achard *sur l'ouvrage de MM.* **H. Chabanier** *et* **C. Lobo-Onell.**

Dans l'ouvrage de MM. **Henry Chabanier**, et **Carlos Lobo-Onell** intitulé : *Exploration fonctionnelle des reins*, on trouve, exposés avec détails, les différents procédés d'exploration fonctionnelle des reins : élimination pro-

voquée, dosages dans le sang des corps azotés, recherche de la constante uréo-sécrétoire et de la concentration maxima de l'urée dans l'urine.

L'application de ces procédés à l'exploration séparée de chaque rein fait l'objet d'une étude approfondie. Diverses questions d'intérêt théorique et pratique sont envisagées, telles que celles de l'azotémie par manque de sel.

Enfin les auteurs discutent les éléments du pronostic opératoire qu'on peut tirer des procédés d'exploration fonctionnelle des reins.

Ce livre contient de nombreuses observations personnelles et condense de nombreuses recherches originales publiées depuis de longues années déjà par M. **Chabanier.**

Aussi la Commission propose-t-elle de lui décerner un prix.

Rapport de M. Achard *sur l'ouvrage de MM.* **M. Villaret, Fr. Saint-Girons** *et* **L. Justin-Besançon.**

Cette importante monographie, consacrée à un sujet difficile et encore assez obscur, rassemble toutes les recherches entreprises en grand nombre sur la pression veineuse, recherches dont la majeure partie a été faite depuis 1919 par M. Villaret et ses collaborateurs,

Après avoir fixé la technique délicate qui permet de mesurer cette pression chez l'homme, les auteurs étudient particulièrement ses variations dans les affections cardiaques et vasculaires, dans les stases veineuses, dans les cyanoses d'origine respiratoire. L'action des médicaments sur la pression veineuse et les indications thérapeutiques qui en découlent font l'objet d'un dernier chapitre.

Cet ouvrage, qui renferme un très grand nombre de recherches personnelles, a paru à la Commission mériter un prix.

Rapport de M. Leclainche *sur les travaux de M.* **Émile Césari.**

La Commission propose d'attribuer une mention de 1500^{fr} à M. **Césari**, chef de service à l'Institut Pasteur, pour ses recherches sur la fonction antigénique des lipoïdes contenues dans les cellules organiques.

Les complexes lipoïdo-albumineux cellulaires ne possèdent qu'exceptionnellement une spécificité antigénique et cette circonstance permet d'interpréter certaines constatations, comme la présence d'une réaction de Wassermann positive chez certains tuberculeux. D'autre part, la spéci-

ficité de quelques antigènes lipoïdiques est utilisée pour certains diagnostics. M. Césari a basé sur les propriétés des antigènes du type Forssman une méthode sérologique de détection de la viande et des viscères de cheval dans les produits de la charcuterie, et ce procédé est couramment utilisé dans les laboratoires de contrôle.

Rapport de M. ACHARD *sur l'ouvrage de M.* **PAUL GÉNAUD**.

Les recherches de M. **PAUL GÉNAUD** sur les affinités ioniques de la cellule de levure confirment des notions déjà connues, et en apportent de nouvelles.

Elles vérifient que les ions positifs pénètrent aisément dans la cellule en déplaçant des ions positifs préexistants.

Le protoplasma vivant se comporte comme un système neutre, sans charges électriques. La mort du protoplasma rompant des liaisons libère des groupements acides et provoque une augmentation d'ions dans la cellule morte.

L'indice de cations ou quantité totale de cations continue dans la cellule est fixe pour des conditions déterminées.

L'ion sodium pénètre très peu dans les cellules vivantes, probablement parce que la membrane cellulaire joue le rôle d'ultra-filtre, selon la conception de Rubland, et que l'ion sodium est enrobé d'eau qui diminue la vitesse de diffusion.

La cellule vivante possède encore d'autres affinités que des affinités ioniques. En particulier, l'auteur montre qu'elle réduit fortement l'argent.

Ce travail est fait avec soin et la Commission propose de lui attribuer une mention.

Rapport de M. QUÉNU *sur l'ouvrage de M*[me] **MÉLINA LIPINSKA**.

Le livre que présente au concours Montyon M[me] **MÉLINA LIPINSKA** : *Les femmes et les progrès des sciences médicales*, est une contribution intéressante à l'histoire de la médecine. Il embrasse tous les temps et tous les pays; très documenté, il a exigé des recherches nombreuses dans les bibliothèques de France et de l'Étranger; j'estime qu'un tel labeur si désintéressé mérite d'être récompensé.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX BARBIER.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Branly, Richet, Quénu, Leclainche, Bazy, Mesnil, Vincent, Calmette, Achard; Gabriel Bertrand, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Casimir Peirier**, pharmacien commandant des troupes coloniales pour sa thèse intitulée : *Contribution à l'étude des plantes oléagineuses du Cameroun.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BRÉANT.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Branly, Richet, Quénu, Leclainche, Bazy, Calmette, Achard; Mesnil et Vincent, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 2500fr à M. **Maurice Langeron**, chef de laboratoire à la Faculté de médecine, pour ses études sur les champignons pathogènes;

Un prix de 2500fr à MM. **Pierre-J. Teissier**, membre de l'Académie de médecine, et **Florent Coste**, médecin des hôpitaux de Paris, pour leur ouvrage intitulé : *Physiopathologie de la scarlatine.*

Rapport de M. Mesnil *sur les travaux de Mycologie du Dr* **M. Langeron**.

Depuis une vingtaine d'années, le Dr **Maurice Langeron** a consacré une grande partie de son activité scientifique à l'étude des Champignons pathogènes. Ses travaux ont porté soit sur l'étude des mycoses exotiques, soit sur la biologie, la morphologie et la systématique de certains groupes, en particulier des dermatophytes, soit enfin sur l'étude critique de diverses questions de mycologie pathologique.

Ses principales contributions à la connaissance des mycoses exotiques sont : l'étude des souches rapportées de Madagascar en 1913 par Fontoynont et Carougeau [description de l'*Actinomyces salvati* (mycose du rat), du *Sporotrichum carougeaui* (sporotrichose nouvelle de l'homme), de l'*Hormodendron fontoynonti*, agent de l'achromie parasitaire malgache)]; la des-

cription d'un nouveau type de mycétome à grains noirs, d'origine martiniquaise (mycétome à *Torula jeanselmei*), et, à ce propos, révision du genre *Torula* et des mycétomes à grains vermiculaires, c'est-à-dire dans lesquels le champignon se développe sous la forme d'un boyau enroulé; étude critique du parasite de la dermatite verruqueuse brésilienne (chromoblastomycose), qui doit être rangé dans le genre *Trichosporium*; observations effectuées à Rio de Janeiro sur la piedra brésilienne et montrant que l'agent de cette mycose est un Ascomycète qui doit prendre place parmi les Astérinées, jusqu'ici connues seulement comme phytoparasites; études sur diverses dermatoses et otomycoses exotiques, etc.

Ses travaux de biologie et de systématique ont porté sur les groupes suivants : les Actinomycètes avec description de types nouveaux et culture des massues de l'actinobacille; les Aspergillacées (étude de divers types de *Sterigmatocystis* pathogènes); surtout enfin les Dermatophytes. Ces derniers ont fait l'objet d'une nouvelle classification, publiée en 1923 en collaboration avec M. Ota, puis de recherches plus récentes, basées sur la biologie de ces organismes et leur comportement vis-à-vis des divers types de glucides. Ces recherches, faites en collaboration avec S. Milochevitch, ont abouti à des modifications importantes de la classification précédente et ont démontré l'exactitude de l'hypothèse de Matruchot et Dassonville; il en résulte que les Dermatophytes doivent être définitivement rangés parmi les Ascomycètes (Gymnoascacées). D'autres expériences sur le pléomorphisme de ces champignons ont été publiées en collaboration avec R.-V. Talice. Des travaux tout récents, effectués avec le même collaborateur, ont porté sur les champignons à forme levure; les résultats, qui aboutissent à une refonte totale de la classification de ces organismes, font l'objet d'un mémoire en cours d'impression.

Parmi les études critiques, on peut mentionner plusieurs notes sur la question si controversée des mycoses spléniques et sur les épidermomycoses, diverses revues de travaux sur les dermatophytes ou sur les mycoses exotiques et enfin les analyses données depuis 1918 au *Bulletin de l'Institut Pasteur*. C'est à cette catégorie de travaux que se rattache la série d'articles de Mycologie écrits pour le *Nouveau Traité de Médecine* des professeurs Roger, Widal et Teissier.

Votre Commission, voulant reconnaître l'importance de l'œuvre mycologique de M. **Langeron**, vous propose de lui attribuer, avec le titre de lauréat, la moitié des arrérages du prix Bréant.

Rapport de M. VINCENT *sur les travaux de MM.* **PIERRE-J. TEISSIER** *et* **FLORENT COSTE.**

MM. **PIERRE TEISSIER** et **FLORENT COSTE** ont présenté au Congrès de Médecine un Rapport substantiel sur la *Physiopathologie de la Scarlatine :* c'est cette étude qui a été adressée pour concourir au prix Bréant.

Les auteurs ont mis au point le problème non encore complètement élucidé de l'étiologie et de la pathogénie de la Scarlatine. Analysant longuement la théorie streptococcique, puis les théories allergique et toxallergique, ils en font la critique approfondie, développant les raisons qui les appuient et évoquant les objections qu'elles soulèvent. Travail important, méthodique, médité et mûri, auquel MM. P. Teissier et F. Coste ont apporté avec une haute compétence leurs idées personnelles, lui conférant ainsi une véritable originalité.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX GODARD.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Branly, Richet, Quénu, Leclaincle, Mesnil, Calmette, Achard; Vincent et Bazy, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 500^{fr} à M. **LOUIS BERGER**, professeur à la Faculté de médecine de l'Université Laval, à Québec, pour son mémoire intitulé : *Recherches sur les cellules à sécrétion interne dans les glandes sexuelles de l'homme et de la femme;*

Un prix de 500^{fr} à M. **FRITZ BUSSER**, assistant au Laboratoire d'anatomie pathologique de la Faculté de médecine, pour son livre intitulé : *Les tumeurs épithéliales du rein chez l'adulte. Étude anatomique.*

Cet ouvrage est une étude anatomo-pathologique des néoplasmes du rein basée sur des pièces opératoires le plus souvent, recueillies par l'auteur lui-même et examinées par lui dans le laboratoire d'anatomie pathologique de la Faculté; il s'agit donc d'un travail très personnel et qui fixe l'état actuel de la question à laquelle il apporte des développements nouveaux et des idées originales.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX CHAUSSIER.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Branly, Richet, Quénu, Leclainche, Bazy, Vincent, Calmette, Achard; Mesnil, rapporteur.)

Le prix Chaussier, quadriennal, est le plus important de ceux dont dispose votre Commission des prix de Médecine et de Chirurgie. Aussi le réserve-t-elle pour récompenser toute une œuvre médicale où prédomine le caractère scientifique. Elle vous propose cette année le Dr **Victor Morax**, ophtalmologiste honoraire des hôpitaux de Paris, membre de l'Académie de médecine.

Les recherches du Dr Morax ont été tout d'abord orientées vers l'histologie pathologique de l'appareil visuel; il a réuni et étudié un très grand nombre de pièces anatomiques qui lui ont permis, en se basant sur des documents personnels, d'écrire un volume de Pathologie oculaire.

Mais, dès 1891, il comprenait toute l'importance des infections microbiennes dans la pathologie de l'œil, et, imbu des méthodes pastoriennes encore peu répandues, il entreprenait des recherches sur les diverses infections conjonctivales dues aux bactéries : il précise la cause déjà entrevue de plusieurs d'entre elles; il en fait connaître de nouvelles. Par cette longue suite de travaux, la pathologie de la conjonctive acquiert une précision plus grande que celle de toutes les autres muqueuses humaines. On peut dire que, grâce à M. Morax, il y a maintenant, à la place de données éparses, une bactériologie oculaire très cohérente.

Dans toutes ces recherches, M. Morax a eu aussi en vue la désinfection conjonctivale préopératoire et il a pu fixer une technique qui est généralement adoptée. Ses travaux sur l'infection du cristallin, en particulier sur l'importance des microbes sporulés dans l'infection de cet organe, ont visé à expliquer cette complication possible du traumatisme accidentel ou opératoire.

Dans le domaine de la technique chirurgicale oculaire, M. Morax s'est particulièrement occupé des réfections autoplastiques des paupières, de la cavité orbitaire, des voies lacrymales, et a créé des techniques originales.

On doit plusieurs traités au Dr Morax; tout récemment, il a publié, en collaboration avec le Dr G. Petit, sur le trachome, qu'ils sont allés étudier en Égypte, une belle étude d'ensemble.

Il convient enfin de souligner que M. **Morax** a joué un rôle capital dans

l'éducation de la génération ophtalmologique actuelle. Nommé au premier concours d'ophtalmologiste des hôpitaux, il a su organiser un service modèle à l'hôpital Lariboisière où ses élèves, tant français qu'étrangers, ont été orientés avec sûreté vers la recherche précise des étiologies et la prophylaxie des infections chirurgicales.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MÈGE.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Branly, Richet, Quénu, Leclainche, Bazy, Mesnil, Vincent, Calmette, Achard ; Desgrez, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Gautrelet**, agrégé de physiologie des Facultés de médecine, directeur du Laboratoire de biologie expérimentale à l'École des hautes études, pour ses travaux sur l'influence de l'adrénaline sur les variations immédiates de la réserve alcaline.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BELLION.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Branly, Richet, Quénu, Leclainche, Bazy, Mesnil, Vincent, Calmette, Achard ; Gabriel Bertrand, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix Bellion à M. **Raoul Lecoq**, docteur en pharmacie, pour son ouvrage intitulé : *Les aliments et la vie*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LARREY.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Branly, Richet, Quénu, Leclainche, Bazy, Mesnil, Calmette, Achard ; Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. le médecin lieutenant-colonel **Maurice Pilod**, professeur au Val-de-Grâce, pour ses études sur la tuberculose.

Une mention honorable est accordée à MM. **Louis Izard**, médecin des hôpitaux militaires, et **Jean des Cilleuls**, docteur ès sciences, pour leur ouvrage intitulé : *Précis d'hygiène militaire*.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX ARGUT.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Branly, Richet, Quénu, Leclainche, Mesnil, Vincent, Calmette, Achard; Bazy, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Pierre-Ernest Roucayrol**, chef de service de diathermie à l'hôpital Lariboisière, pour son ouvrage intitulé : *La d'Arsonvalisation directe dans le traitement de la blennorragie*.

Ce mémoire se compose de deux parties : une électrique, basée sur les travaux de M. d'Arsonval et conforme aux données établies par l'inventeur de la méthode; une deuxième, clinique, basée sur des observations personnelles de l'auteur, qui paraissent prouver l'action, exclusive dans quelques cas, de la diathermie, pour la guérison des gonococcies chroniques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PHYSIOLOGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Roux, Mangin, Richet, Quénu, Mesnil, Gravier; d'Arsonval, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Charles Dhéré**, professeur à l'Institut de physiologie de l'Université de Fribourg, pour ses études sur les *Fluorescences biologiques*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX POURAT.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Richet, Quénu, Gravier; Mesnil et Mangin, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner un prix de 1000fr à M. **Maurice Fontaine**, docteur ès sciences, pour son ouvrage intitulé : *Recherches expérimentales sur les réactions des êtres vivants aux fortes pressions ;*

Un prix de 1000fr à M. **Fernand Obaton**, assistant à la Faculté des sciences, pour son ouvrage intitulé : *Évolution du mannitol chez les végétaux*.

Rapport de M. Mesnil *sur les travaux de M.* **Maurice Fontaine.**

M. **Fontaine** a présenté au jugement de l'Académie tout ce qu'il a publié à ce jour et en particulier un travail très important intitulé : *Recherches expérimentales sur les réactions des êtres vivants aux fortes pressions.* Nous ne pouvons guère qu'énumérer les trois parties entre lesquelles l'auteur a réparti les faits nouveaux qu'il a enregistrés.

I. *Action des fortes pressions sur les tissus en général et, en particulier, sur le muscle.* — Seuls des tissus immergés dans des solutions isotoniques et soumis à de fortes pressions, les tissus musculaires s'imbibent, et l'auteur, en analysant le phénomène, est amené à rejeter les conclusions anciennes de Regnard. Il montre que l'imbibition du muscle dans une solution isotonique sous l'action de la pression est tout à fait comparable à l'imbibition du muscle après une tétanisation. Puis il étudie l'influence de la durée et de l'intensité de la pression sur l'imbibition du muscle; enfin, il montre, par curarisation, que la pression agit directement sur la fibre musculaire.

II. *Action des fortes pressions sur la respiration des êtres marins.* — L'augmentation de la pression diminue la respiration des algues (ulves); il ne faut pas dépasser 600kg pour que la consommation d'oxygène puisse revenir à sa valeur normale. Au contraire des algues, la respiration des poissons augmente avec la pression, et cette augmentation est, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant plus grande que l'animal est plus petit.

III. *Recherches diverses sur les effets physiologiques des fortes pressions.* — L'auteur arrive, par deux méthodes, à déterminer qu'il faut atteindre une

pression de 700^{kg} environ pour tuer la cellule. Or ce fait concorde assez bien avec la constatation qu'il n'existerait pas d'êtres vivants à des profondeurs supérieures à 7000^{m} (bactéries mises à part, qui résisteraient à de plus fortes pressions). La pression agirait en augmentant la viscosité du protoplasme.

Il y a là un ensemble de faits nouveaux et votre Commission est d'avis d'encourager leur auteur en vous demandant de lui attribuer, avec le titre de lauréat, la moitié du prix Pourat.

Rapport de M. MANGIN *sur les travaux de M.* **FERNAND OBATON.**

Votre Commission a retenu, parmi les travaux présentés par M. **FERNAND OBATON**, le mémoire important : *Évolution du mannitol chez les végétaux.* L'auteur a choisi, pour étudier cette évolution, le *Sterigmatocystis nigra* et le Céleri (*Apium graveolens*). Chez le premier, le mannitol apparaît au début de la végétation et il constitue un aliment pour le mycélium adulte. Le tréhalose existe à côté du mannitol, mais sa formation est indépendante, il est consommé à la fin de la végétation.

Chez le Céleri, le mannitol est un produit de l'activité chlorophyllienne. Formé dans les feuilles, il vient s'accumuler d'abord dans les pétioles, puis dans le tubercule pour être utilisé à la fin de la végétation.

Tandis que chez le *Sterigmatocystis* il est utilisé de préférence au tréhalose, chez le Céleri il disparaît après le saccharose.

Le mannitol est une substance de réserve évoluant parallèlement et indépendamment des sucres.

Votre Commission propose d'attribuer à M. **OBATON** le prix Pourat.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX PHILIPEAUX.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Mangin, Richet, Quénu, Mesnil, Gravier; Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **ROBERT BONNET**, maître de conférences à la Faculté des sciences de l'Université de Strasbourg, pour son ouvrage intitulé : *Métabolisme énergétique et alimentation. Consommation de luxe et action dynamique spécifique.*

M. Robert Bonnet a repris, sur le terrain de la Physiologie générale et avec une large base expérimentale allant des microbes aux Mammifères, la vieille question très discutée de *la combustion de luxe*, transformée et précisée par Rubner en la notion d'*action dynamique spécifique*. L'auteur, qui a travaillé sous la direction active de son maître Terroine, nous fournit une vue d'ensemble solidement établie sur le fondement de cette action. C'est à savoir un dégagement de chaleur *accompagnant*, dit-il, l'utilisation des aliments; dégagement de chaleur qu'il faut entendre comme entièrement distinct du *rendement fonctionnel*, car il s'agit, généralement, d'une transformation des aliments ingérés en aliments spécifiquement propres à entretenir une fonction déterminée, par exemple transformation des albuminoïdes en glucose, source de l'énergie musculaire; ce qui, de la molécule albuminoïde, ne peut pas donner du glucose est purement et simplement brûlé, et fournit uniquement de la chaleur, donc point de force, car le moteur musculaire n'est nullement un moteur thermique. Cette chaleur est perdue, comme l'avait montré Rubner, pour l'animal à sang chaud soumis à une température ambiante telle que la chaleur qu'il dissipe dans son milieu soit égale à celle qui résulte des combustions nécessaires à sa vie. Si la température ambiante est plus basse, l'animal est obligé de fournir, en sus, une certaine quantité de chaleur qui n'a pour but que de maintenir constante sa propre température. La chaleur dégagée par les transformations alimentaires est utile dans la mesure où elle peut être comprise dans cette *marge de thermogenèse*, conception théorique que j'ai formulée il y a longtemps déjà, qui est devenue classique, et que M. Bonnet aurait peut-être eu avantage, pour la clarté de son exposé, à ne pas négliger. Quoi qu'il en soit, les mesures de M. **Bonnet**, étendues aux animaux à sang froid, aux moisissures, etc., vérifient entièrement cette conception théorique. Son travail constitue, au point de vue expérimental, un progrès notable dans la question, et mérite d'être couronné par l'Académie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FANNY EMDEN.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Mangin, Richet, Quénu, Mesnil, Gravier.)

Le prix est reporté à 1932.

STATISTIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Lecornu, Lecomte, Borel, Lebesgue, Drach; M. d'Ocagne, rapporteur.)

La Commission propose de décerner :

1° Un prix de 1000fr à M. **Pierre Caloni**, ancien élève de l'École polytechnique, secrétaire général du Syndicat général de garantie, pour son ouvrage intitulé : *La statistique des accidents et l'organisation pour la prévention.*

M. **Pierre Caloni**, délégué français à la Conférence internationale du travail tenue à Genève en 1928, a introduit des vues nouvelles dans l'étude de la statistique des accidents du travail en lui assignant un autre objet que la seule détermination des primes fondée uniquement sur la comparaison en francs des recettes et dépenses concernant chacun des assurés (objet exclusivement visé par les sociétés d'assurance); il y envisage le risque d'accident d'après ses différentes caractéristiques techniques, mettant ainsi en évidence les renseignements utiles à l'organisation de la prévention des accidents.

Ce travail remarquable est très digne d'être couronné par le prix Montyon de statistique.

2° Un prix de 1000fr à M. **Jean Fischer**, docteur ès lettres, chef des services techniques à l'Institut des Études rhodaniennes de la Faculté des lettres de Lyon.

Les ouvrages de M. **Jean Fischer**, docteur ès lettres, intitulés :

1° *L'Adour et ses affluents. Régime et utilisation des eaux;*

2° *L'aménagement de la Garonne maritime et de la Gironde maritime*,

contiennent des études de géographie physique de grande valeur, étayées de recherches statistiques nombreuses et approfondies. Il semble que c'est plutôt par un prix de géographie que l'Académie devrait reconnaître le mérite de ces ouvrages. Toutefois la généralité de l'emploi qui y est fait

des données de la statistique consciencieusement recueillies et mises en œuvre serait de nature à leur faire attribuer un prix de statistique.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Bigourdan, L. de Launay, Richet, Émile Borel, Caullery; Bouvier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Louis de Nussac**, sous-bibliothécaire au Muséum, pour son ouvrage intitulé : *Les débuts d'un savant naturaliste, le prince de l'entomologie, Pierre-André Latreille.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

OUVRAGES DE SCIENCES.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. L. de Launay, Bourgeois, Ém. Picard, É. Borel, P. Janet; A. Lacroix et Gravier, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner un prix de 2500fr à M. **Émile Guyénot**, professeur de zoologie à l'Université de Genève, pour ses ouvrages intitulés : *La Variation*, *L'Évolution* et *L'Hérédité*.

Un prix de 2000fr à M. **Paul Dorveaux**, docteur en médecine, attaché

aux Archives de l'Académie des sciences, pour ses recherches sur *Les membres et les correspondants de l'Académie Royale des Sciences* (1666-1793).

Rapport de M. Ch. Gravier *sur les travaux de M.* **Émile Guyénot.**

M. **Émile Guyénot**, professeur à l'Université de Genève, a publié en 1930 deux volumes consacrés l'un à la *Variation*, l'autre à l'*Évolution* et en 1931 un troisième sur l'*Hérédité* (2ᵉ édition). Ces ouvrages sont d'excellentes mises au point d'une foule de problèmes relatifs à ces questions fondamentales et éternellement discutées de la biologie. On ne peut les considérer uniquement comme des œuvres d'érudition; l'auteur donne son opinion personnelle sur maintes théories plus ou moins controversées.

L'œuvre de M. E. Guyénot, qui est écrite dans une langue très claire et qui contient une copieuse documentation bibliographique, rendra de grands services à tous ceux qui s'intéressent à la biologie générale.

La Commission, à l'unanimité, propose de donner le prix de Parville (ouvrages de sciences) à M. **E. Guyénot.**

Rapport de M. A. Lacroix *sur les travaux de M.* **Paul Dorveaux.**

M. **Dorveaux** travaille depuis plusieurs années avec beaucoup de zèle et de compétence au classement des archives de l'Académie.

La liste des membres et correspondants de l'Académie royale des sciences (1666-1793) a été complétée par lui; un volume qui va paraître prochainement a demandé beaucoup de recherches et sera très utile à ceux qu'intéresse l'histoire de la science.

Le prix demandé pour M. **Dorveaux** sera en outre une marque d'estime pour les services rendus par lui à l'Académie.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

MÉDAILLES.

MÉDAILLE BERTHELOT.

(Commissaires : MM. Louis de Launay, Bourgeois, Ém. Picard; A. Lacroix, rapporteur.)

La médaille est décernée à M. **Henri Marcelet**, lauréat du prix Houzeau.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT.

GRAND PRIX DES SCIENCES PHYSIQUES.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, Barrois, Le Chatelier, Dangeard, Caullery; Douvillé, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Fallot**, professeur à la Faculté des sciences de Nancy, pour ses travaux géologiques sur les Baléares, l'Andalousie et le Maroc.

Abordant successivement les îles Baléares, le sud du bassin de l'Èbre, la fraction orientale des chaînes bétiques, enfin le Rif marocain, les travaux de Paul Fallot traduisent une préoccupation commune, celle d'élucider non seulement la structure tectonique des pays, mais aussi d'analyser les caractères stratigraphiques des terrains et de déterminer les faunes qu'ils fournissent; il arrive ainsi à réaliser une synthèse véritablement objective de la Méditerranée occidentale.

Fallot a débuté par la Sierra de Majorque; après 10 années d'études, il

en a fourni en 1922 une description complète. Il y reconnaît trois unités superposées, l'une autochtone à la base et deux autres correspondant à deux grandes écailles poussées vers le Nord-Ouest. Ibiza participe au régime tectonique de Majorque, tandis que Minorque à l'Est soulève un problème dont on ne peut fournir qu'une solution provisoire.

Sur le continent au Sud-Est et à l'Ouest du bassin de l'Ebre, il a poursuivi ses études en collaboration avec le D[r] R. Bataller; il y a reconnu d'un côté le prolongement des chaînes catalanes et de l'autre celui des chaînes celtibériques, bordant la Meseta au Nord-Ouest; les plis ne dépassent guère le stade des plis-failles, et ne comportent pas de vrais charriages.

Plus au Sud et à l'Ouest, avec les régions d'Alicante et de Murcie, Fallot a abordé les chaînes bétiques : malgré les publications déjà nombreuses dont elles ont été l'objet, on ne saurait encore se prononcer sur l'ampleur des déplacements tangentiels observés dans cette région. Au Maroc les notes toutes récentes qu'il a publiées, en collaboration avec MM. Marin et Blumenthal, apportent une constatation capitale : Le Rif espagnol n'est pas, comme l'avaient supposé la plupart des auteurs antérieurs, la prolongation des chaînes bétiques incurvées à travers le détroit de Gibraltar; il représente tout au plus une sorte d'arrière-zone, tardivement poussée vers le Sud, alors qu'à l'avant, du côté bétique et depuis l'Éocène au moins, l'édifice a progressivement déferlé vers le Nord.

On voit les contributions importantes que, depuis 1910, **Paul Fallot** a apportées à la connaissance des pays situés sur le pourtour de la Méditerranée occidentale, et à la solution des importantes questions qui y sont soulevées. La Commission propose à l'unanimité de lui décerner le Grand Prix des Sciences physiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BORDIN.

(Commissaires : MM. Painlevé, Lecornu, Hadamard, Goursat, É. Borel, Lebesgue; Ém. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **René Garnier**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur le problème de Plateau.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LALLEMAND.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Bouvier, Marchal, Richet, Joubin, Mesnil, Gravier; Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Albert Chauchard**, docteur ès sciences et en médecine, directeur à l'École pratique des Hautes Études, et Mme **Berthe Chauchard**, docteur ès sciences et en médecine, assistant de physiologie générale à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de leurs recherches physiologiques sur le système nerveux sympathique et parasympathique et sur le cerveau.

M. et Mme A. Chauchard ont, en dix années d'un travail assidu, accumulé une somme considérable de résultats expérimentaux qui constituent des documents précieux pour la connaissance physiologique du système nerveux. Ils ont particulièrement étudié les *nerfs itératifs*, c'est-à-dire les nerfs dont l'excitation ne provoque l'apparition d'un phénomène que si elle est constituée par une série de stimuli plus ou moins rapidement répétés; par exemple, la corde du tympan, nerf sécrétoire de la glande sous-maxillaire; le pneumogastrique, soit nerf d'arrêt du cœur, soit nerf sensible de la mécanique respiratoire; les nerfs vaso-moteurs, constricteurs ou dilatateurs; les fibres sympathiques irido-dilatatrices, le nerf constricteur de la rate, etc. Quelques nerfs de ce type avaient déjà été étudiés chez les Vertébrés inférieurs; on avait noté qu'on pouvait mesurer l'intensité liminaire, d'une part en fonction de la durée de chaque stimulus et tirer de là une chronaxie; d'autre part, en fonction du nombre et de la fréquence des stimuli, et tirer de là une constante de temps de la sommation, la chronaxie caractérisant le nerf, le temps de sommation caractérisant l'organe d'aboutissement. Mais on n'avait rien de ce genre pour les Mammifères sur lesquelles ces mesures sont particulièrement délicates, et c'est dans ce domaine que les Chauchard ont patiemment enrichi la Physiologie d'une quantité de données numériques précises dont l'importance ne fait que croître, à mesure qu'elles nous font mieux comprendre les fonctions réglées par ces nerfs. Sans doute, il reste encore beaucoup à faire avant qu'on ne soit sorti complètement de la phase de description purement empirique de telles excitabilités, mais le matériel expérimental réuni par les Chauchard offre une base utile pour la théorie à construire.

En outre, ils ont repris avec les méthodes modernes l'étude de l'excitabi-

lité des centres moteurs cérébraux, et ont obtenu là des résultats inattendus qui ont déjà été vérifiés de divers côtés, et qui jettent une lumière intéressante sur les mécanismes nerveux les plus élevés.

En résumé, les **Chauchard** ont apporté à l'étude physiologique du système nerveux une contribution importante destinée, je le crois fermement, à marquer sa place dans le progrès de cette question; c'est pourquoi le prix Lallemand leur a été attribué sans hésitation.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MAUJEAN.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, A. Lacroix, Joubin, Gravier, Vincent; F. Mesnil, rapporteur.)

Depuis 30 ans, le Dr **Gustave Bouffard**, actuellement médecin général des troupes coloniales et directeur du service de santé de l'Afrique équatoriale française, n'a cessé de s'intéresser à l'épidémiologie et à la prophylaxie des maladies tropicales, auxquelles il a apporté des contributions de grande valeur, qui le classent au premier rang de nos hygiénistes coloniaux.

On lui doit une des meilleures études sur la propagation des trypanosomiases animales. Pour le *Trypanosoma cazalboui*, agent de la souma, il a fait connaître une évolution qui se passe, fait vraiment imprévu, *tout entière* dans la trompe de la mouche tsétsé. Il a montré de plus que si les tsétsés ont seules un rôle enzootique dans la souma, les stomoxes propagent ensuite épizootiquement la maladie dans les troupeaux.

Plusieurs fois, il s'est trouvé, en Afrique occidentale, aux prises avec la fièvre jaune. Toujours, en appliquant des mesures judicieuses basées sur une parfaite compréhension de l'épidémiologie stégomyienne, M. Bouffard a pu arrêter la maladie aux premiers cas et préserver ainsi de cette redoutable affection les colonies dont il avait la charge sanitaire.

Avec la pyomyosite du Soudan français, il a découvert la première pasteurellose humaine.

A Madagascar, il a montré l'importance de la ponction du foie sur le cadavre pour le dépistage de la peste.

Dans le domaine des affections à spirochètes, il s'est attaqué à la guérison de deux d'entre elles, parmi les plus redoutées de l'indigène : l'ulcère phagédénique par application locale d'un glycérolé d'arsénobenzol et le pian par le stovarsol administré *per os*.

En Afrique occidentale comme à Madagascar, il s'est préoccupé de la prophylaxie du paludisme tant chez l'Européen où elle est relativement facile, que dans les collectivités indigènes.

Enfin, il a osé s'attaquer au problème de l'alcoolisme dans nos colonies du golfe de Guinée.

Ce rapide résumé, dans lequel j'ai négligé les travaux sur les mycétomes, le goundou, la vaccine, etc., suffit pour montrer que l'œuvre de M. **Bouffard** répond particulièrement bien aux conditions du prix Maujean, et mérite d'être récompensée par l'attribution de ce prix. C'est ce que notre Commission vous propose.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PETIT D'ORMOY.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

(Commissaires : MM. Painlevé, Bigourdan, Lecornu, Hadamard, E. Borel, Fichot; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Gaston Julia**, professeur à la Faculté des sciences, pour l'ensemble de ses travaux mathématiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PETIT D'ORMOY.

SCIENCES NATURELLES.

(Commissaires : MM. Roux, A. Lacroix, Douvillé, Mangin, Dangeard, Joubin; Bouvier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Pierre Lesne**, sous-directeur du Laboratoire d'entomologie au Muséum.

Dans la foule des gens de science qui s'occupent des Insectes, M. Lesne est universellement connu pour la parfaite exécution de ses travaux, la finesse de ses aperçus, la variété de ses recherches; il occupe une des toutes premières places parmi les meilleurs entomologistes, et ce n'est pas un mince éloge si l'on songe aux difficultés que présente la faune entomologique où l'immensité du nombre des espèces n'a d'égale que celle de leur puissance adaptative.

Initié dès son enfance aux études d'histoire naturelle par son grand-père, l'illustre agronome Joigneaux, et par son père qui dirigeait la *Gazette du*

Village, M. Lesne est resté fidèle à ces études, s'instruisant dans tous les champs du vaste domaine, mais sachant réserver à l'investigation certains territoires favoris où il sut bien vite manifester sa maîtrise. Dans le vaste groupe des Coléoptères, il a jeté son dévolu sur les rongeurs du bois et particulièrement sur les Bostrychides, dont il est devenu l'historiographe et dont il a merveilleusement mis en lumière les singuliers caractères adaptatifs; c'est la perfection en un genre qui se réclamait à la fois de la systématique pure, de l'entomologie appliquée, de l'éthologie et de la géographie zoologique. Mais M. Lesne était habile aux recherches dans toutes ces directions et en a donné par ailleurs d'innombrables preuves : en entomologie appliquée, notamment par de curieuses études sur la Mouche de l'Asperge et sur un papillon, la Zeuzère du Chêne-liège, qu'il étudia dans l'Edough, — en éthologie par ses découvertes sur le transport d'un Diptère par les Scarabées et sur des Cicadelles qu'exploitent pastoralement certaines Fourmis, — en géographie zoologique par les observations qu'il fit au Mozambique sur la distribution des tsé-tsés, — en paléontologie même où il a révélé ses profondes connaissances d'anatomie entomologique par la reconstitution des restes d'Insectes qu'il exhuma des tourbières fossiles.

Il n'est pas possible d'esquisser, comme elle le mérite, cette longue et fructueuse carrière. Mais on peut donner une idée des services rendus par M. Lesne en disant qu'il est le conseil de tous ceux qui viennent se renseigner au Muséum sur les Insectes de notre pays, qu'il est non moins consulté sur les Insectes tropicaux et qu'ayant fait de longs séjours aux Canaries, en Algérie et au Mozambique, il doit être regardé comme un des savants qui peuvent le mieux servir de guides aux pionniers de l'expansion coloniale.

En conséquence et pour récompenser comme il convient ces hauts mérites, votre Commission unanime vous propose d'attribuer à M. **Lesne** le prix Petit d'Ormoy.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JEAN REYNAUD.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, A. Lacroix, Breton, É. Borel, Molliard; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à feu **Paul Appell**, membre de l'Académie des sciences, pour l'ensemble de son œuvre scientifique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DU BARON DE JOEST.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, A. Lacroix, Breton, Mesnil, Vincent; Joubin, rapporteur.)

M. **Gustave Hinard** s'est consacré depuis plus de vingt ans à l'importante question de la salubrité des parcs à coquillages, en particulier des huîtres. Il est allé étudier, au cours de nombreuses missions, ce qui se fait dans ce but à l'étranger, tant pour l'installation salubre des parcs que pour les méthodes de laboratoire. Il a organisé et développé en France, sur des bases scientifiques, le service du contrôle sanitaire à la tête duquel il est actuellement placé et dont les heureux effets sur la santé publique sont manifestes, plus particulièrement par la disparition presque complète de la fièvre typhoïde d'origine ostréaire.

Les travaux de M. Hinard sur cette matière ont fait l'objet de publications dans les *Notes* et *Mémoires* de l'Office scientifique et technique des pêches, dans la *Revue des travaux* de cet Office, dans le *Mouvement sanitaire*, dans les *Annales des falsifications*, etc.

M. Hinard a fait des études diverses sur la technique de l'Ostréiculture, dans le but de donner à cette industrie si intéressante de nouveaux éléments de progrès.

Dans le domaine de la chimie alimentaire, M. Hinard est l'auteur d'un livre et de plusieurs mémoires sur l'analyse du lait, de recherches sur la composition et la valeur alimentaire de certains animaux marins. Il s'est acquis une compétence particulière dans les industries des pêches maritimes, soit pour la conservation des produits de la pêche, soit pour le traitement et l'utilisation des déchets, sujets sur lesquels il a publié plusieurs notes originales et d'intéressantes monographies.

Les travaux spéciaux et l'œuvre d'ensemble de M. **Hinard** correspondent bien aux conditions posées pour le prix du baron de Joest et la Commission propose à l'Académie de le lui attribuer.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PARKIN.

(Commissaires : MM. Roux, Bigourdan, Douvillé, Richet, Mesnil, Vincent; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix de 1930 reporté à cette année, à M. **Marius Dalloni**, professeur de géologie à l'Université d'Alger, pour la belle et longue mission qu'il vient de remplir au Tibesti.

Il en a étudié avec succès la géologie générale, mais il s'est particulièrement attaché à l'étude de ses grands massifs volcaniques. Si ceux de la partie orientale de cette colonie française avaient été déjà visités par le colonel Tilho, les parties occidentale et septentrionale étaient restées à peu près inexplorées.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX SAINTOUR.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Kœnigs, Borel; Cotton, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Devaux**, professeur à la Faculté des sciences de Bordeaux, pour ses travaux sur les propriétés des couches minces déposées à la surface des liquides.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LONCHAMPT.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, A. Lacroix, Mangin, Richet, Leclainche, Roux; G. Bertrand, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à l'œuvre de M. **Eugène Derrien**, professeur de chimie biologique et médicale à la Faculté de médecine de Montpellier, notamment aux travaux de ce biochimiste sur la méthémoglobine, les acides biliaires et les porphyrines, sur la composition du liquide céphalo-rachidien et sur la pourpre des anciens.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HENRY WILDE.

(Commissaires : M. Ém. Picard, Bigourdan, Hamy, Kœnigs, É. Borel, Perrin ; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Edmond Rothé**, professeur à la Faculté des sciences, directeur de l'Institut de physique du globe de Strasbourg, pour son œuvre géophysique.

Nommé titulaire de la première chaire de Physique du Globe créée en France à la ville de Strasbourg, redevenue française, M. Rothé a depuis 1919 tourné son activité de physicien vers cette branche de la science.

Il a publié de nombreux travaux consacrés aux mesures aérologiques, aux applications d'un anémomètre à oscillations électriques dont il est l'auteur; il a procédé aux premières recherches radiogoniométriques exécutées en France pour l'étude des influences atmosphériques, des orages, des parasites.

Directeur du Bureau sismologique français, il a indiqué les principes d'un nouveau sismographe et une méthode de détermination précise de la propagation des ondes sismiques basée sur les oscillations électriques. Il faut noter encore des publications sur les tremblements de terre en France, un ouvrage sur les tremblements de terre en général, un traité de physique, un livre sur les méthodes de prospection du sous-sol par les méthodes géophysiques.

M. **Rothé** a créé en outre un courant scientifique autour de lui : il en est sorti plusieurs thèses et de nombreux travaux.

Notons enfin le rôle qu'il a joué et qu'il joue comme secrétaire de la Section de Sismologie, de l'Union géodésique et géophysique internationale et comme directeur du Bureau central sismologique international.

C'est cette belle activité scientifique que la Commission propose de récompenser par l'attribution du prix Wilde qui ne sera pas partagé cette année.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GUSTAVE ROUX.

(Commissaires : MM. de Launay, Bourgeois, Émile Picard, Lallemand, Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Bésairie**, géologue du service des mines à Tananarive, pour ses travaux sur la géologie de Madagascar.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX THORLET.

(Commissaires : MM. de Launay, Bourgeois, Émile Picard, Lallemand, Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Adolphe Richard**, ancien préparateur à l'École nationale supérieure des mines.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATIONS SPÉCIALES.

FONDATION LANNELONGUE.

(Commissaires : MM. de Launay, Bourgeois, Émile Picard, Lallemand, Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à Mmes **Cusco** et **Ruck**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HÉLÈNE HELBRONNER-FOULD.

(Commissaires : MM. de Launay, Bourgeois, Ém. Picard, A. Lacroix, Blondel, Paul Janet, Breton, M. d'Ocagne, M. de Broglie, Desgrez, Séjourné, Charcot, A. de Gramont; Helbronner, rapporteur.)

Depuis son mariage, en 1889, Mme **Marc Bel** a pris une part effective des plus importantes dans toutes les missions et explorations qui ont marqué la carrière de son mari, mort au début de cette année, après une existence consacrée à la science, à la prospection et à la technique minière.

Elle parcourut ainsi le Transvaal, la Rhodésie et traversa le Natal, Madagascar, la Réunion, l'île Maurice, la partie siamoise de la péninsule malaise et l'Indochine.

Première Européenne pénétrant dans certaines régions malsaines de certaines régions, elle sut, tout en aidant son mari d'une façon des plus efficaces, rendre de précieux services aux populations indigènes, s'en faire aimer et contribuer au prestige de la France.

Suivant ensuite son mari chargé de mission au Congo pour l'étude de gisements cuprifères, elle peut revendiquer une part importante du succès de ce voyage, notamment par l'influence qu'elle avait prise sur les indigènes dans l'organisation des portages et par la réalisation de la partie matérielle des expéditions, s'occupant d'ailleurs concurremment de réunir de nombreuses collections d'histoire naturelle.

Le Gouvernement de la République avait tenu à reconnaître ses services éminents, dès 1912, en lui décernant la croix de la Légion d'honneur, tandis que la rosette d'officier était accordée à son mari quelques années plus tard.

La Commission espère que l'Académie voudra bien ratifier son choix, en considérant que l'attribution de ce prix à Mme **Marc Bel** se justifie au mieux de la fondation faite en souvenir de Mme Hélène Paul-Helbronner.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE.

Le prix est décerné à M. **Jean Latourte**, né à Paris, le 14 septembre 1910, sorti premier, en 1931, de l'École polytechnique.

PRIX L.-E. RIVOT.

Le prix est partagé entre les quatre élèves dont les noms suivent, sortis en 1931 avec le nº 1 ou 2 de l'École polytechnique, dans les corps des mines et des ponts et chaussées :

M. **Jean Latourte**, entré premier à l'École des mines, reçoit 750fr.

M. **Albert-Gabriel Bureau**, entré second à l'École des mines, reçoit 500fr.

M. **Jean-Gaston Chauchoy**, entré premier à l'École des ponts et chaussées, reçoit 750fr.

M. **Alphonse-Désiré-Charles-Louis Cachera**, entré second à l'École des ponts et chaussées, reçoit 500fr.

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION TRÉMONT.

(Commissaires : MM. de Launay, Bourgeois, A. Lacroix, Lallemand, Bouvier; Ém. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Maurice Lebrun**, ingénieur des arts et métiers, pour ses travaux sur la soudure électrique à l'arc et ses applications.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION GEGNER.

(Commissaires : MM. de Launay, Bourgeois, A. Lacroix, Lallemand, Bouvier; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Eugène Estanave**, secrétaire honoraire de la Faculté des sciences de Marseille, pour ses travaux sur la photographie intégrale de Lippmann et sur le relief photographique à vision directe.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HIRN.

(Commissaires : MM. de Launay, Bourgeois, Émile Picard, Lallemand, Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Yves Milon**, professeur de géologie et de minéralogie à la Faculté des sciences de Rennes, pour ses travaux géologiques et paléontologiques sur la Bretagne.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HENRI BECQUEREL.

(Commissaires : MM. de Launay, Bourgeois, A. Lacroix, Lallemand, Bouvier; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Edgar Pierre Tawil** pour ses travaux sur la piézo-électricité.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION LOUTREUIL.

(Membres du Conseil : MM. L. de Launay, Émile Picard, Ch. Lallemand, H. Le Chatelier, Paul Janet; A. Lacroix, rapporteur.)

L'Académie a reçu 32 demandes. Après avis du Comité consultatif de la fondation, le Conseil a décidé d'accorder les 23 subventions suivantes, qui vont être énumérées suivant leur nature.

I. — *Recherches sur des questions déterminées.*

3000^{fr} à M. **Julien Costantin**, membre de l'Académie des sciences, pour ses recherches de botanique appliquée dans les Alpes.

2000^{fr} à M. **Gabriel Marotel**, professeur à l'École nationale vétérinaire de Lyon, pour des recherches expérimentales sur la *Maladie de la Douve et son traitement.*

2000^{fr} à M. **A. Aron**, professeur au Lycée de Mulhouse, pour l'aider dans des recherches sur les propriétés des lames métalliques minces.

5000^{fr} à M. **James Basset**, pour ses recherches dans son laboratoire relatives à l'influence des hautes pressions sur les phénomènes physiques et chimiques.

1000^{fr} à M. le Dr **Claude Gautier**, ancien chef de travaux à la Faculté de médecine, pour des travaux sur la synthèse physiologique des protéines.

3000^{fr} à M. **Charles Marie**, directeur du Laboratoire d'électrochimie à l'École pratique des Hautes Études, pour ses recherches sur la pile gaz ammoniac-oxygène.

2000^{fr} à M. **Raymond-Ricard**, professeur à la Faculté catholique des sciences de Lyon, pour les spectres d'étincelle des métaux à l'aide de décharges sans électrodes.

II. — *Voyages et explorations.*

10000^{fr} à M. **Gaston Delépine**, professeur de géologie à la Faculté libre des sciences de Lille, pour la continuation de travaux commencés par lui et par ses élèves, notamment sur le Carbonifère des Asturies.

2000^{fr} à M. **Abel Gruvel**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, comme contribution à ses recherches scientifiques et appliquées faites sur la faune du réseau hydrographique de la Syrie.

III. — *Achat de matériel.*

2000^{fr} à M. **Émilio Damour**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, pour l'achat d'un appareil de contrôle de la combustion par conductibilité thermique.

5000fr à M. **René Dubrisay**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, pour l'achat d'un microscope.

2000fr à M. **Augustin Mesnager**, membre de l'Académie des sciences, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, pour contribuer à l'achat d'un appareil de mesure de répartition des tensions dans divers solides élastiques.

5000fr à M. **Casimir Monteil**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, pour l'acquisition d'un tachygraphe Jacquet.

IV. — *Bibliothèques.*

10000fr à l'**École polytechnique**, pour sa bibliothèque.

10000fr à l'**École nationale vétérinaire d'Alfort**, pour sa bibliothèque.

13000fr à l'**École nationale vétérinaire de Lyon**, pour l'aider dans la reconstitution de sa bibliothèque détruite par l'incendie.

5000fr à l'**École nationale vétérinaire de Toulouse**, pour sa bibliothèque.

V. — *Publications.*

5000fr à la **Faune des Colonies françaises**, pour ses publications.

6000fr à M. **Albert Peyrot**, professeur honoraire au Lycée de Bordeaux, pour l'achèvement de la **Conchologie néogénique de l'Aquitaine**.

10000fr à M. le général **Georges Perrier**, membre de l'Académie des sciences, pour les calculs du volume de la **Mission de l'Équateur** consacré aux latitudes par observations méridiennes.

5000fr à la **Section de magnétisme terrestre et d'électricité atmosphérique du Comité national de géodésie et géophysique** pour la publication des cartes des anomalies des éléments magnétiques en France.

15000fr au **Service central de la météorologie coloniale** au Ministère des Colonies pour l'aider à la mise en train d'une publication sur les observations scientifiques faites par les services de physique du globe dans notre domaine d'Outre-mer. (Subvention conditionnelle à verser lors de l'apparition de la publication projetée.)

2000fr à l'**Office international de documentation et de corrélation pour**

LA PROTECTION DE LA NATURE, pour lui permettre de poursuivre la publication de brochures de documentation sur les Colonies françaises.

L'ensemble des subventions accordées s'élève à la somme de 125000fr. Nous en donnons la récapitulation dans le tableau suivant :

1° *Recherches sur des questions déterminées.*

M. Julien Costantin	3000fr	
M. Gabriel Marotel	2000	
M. A. Aron	2000	
M. James Basset	5000	18000
M. Claude Gautier	1000	
M. Charles Marie	3000	
M. Raymond Ricard	2000	

2° *Voyages et explorations.*

M. Gaston Delépine	10000	12000
M. Abel Gruvel	2000	

3° *Achat de matériel.*

M. Emilio Damour	2000	
M. René Dubrisay	5000	14000
M. Augustin Mesnager	2000	
M. Casimir Monteil	5000	

4° *Bibliothèques.*

École polytechnique	10000	
École nationale vétérinaire d'Alfort	10000	38000
École nationale vétérinaire de Lyon	13000	
École vétérinaire de Toulouse	5000	

5° *Publications et préparation de publications.*

Faune des colonies françaises	5000	
M. Albert Peyrot	6000	
M. le général Georges Perrier	10000	
Section de magnétisme terrestre et d'électricité atmosphérique	5000	43000
Service central de la météorologie coloniale	15000	
Office international de documentation et de corrélation pour la protection de la nature	2000	
Total général		125000

FONDATION Mme VICTOR NOURY.

(Commissaires : MM. de Launay, Bourgeois, Émile Picard, Lallemand; A. Lacroix et Bouvier, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 3000fr à M. **Paul Vignon** pour son *Introduction à la Biologie expérimentale* (*Les Êtres organisés : Activités, Instincts, Structures*).

Un prix de 2500fr à M. **Raymond Decary**, administrateur des colonies à Madagascar, pour son ouvrage intitulé : *L'Androy*.

Un prix de 2500fr à feu **Gabriel Grimaud**, chef de bataillon, pour son ouvrage intitulé : *Mission Rohan-Chabot. Opérations relatives à l'établissement d'une carte des régions parcourues* (*Angola et Rhodésia*, 1912-1914). *Magnétisme, Météorologie*.

Un prix de 2500fr à M. **Jehan-Albert Vellard**, docteur en médecine, pour ses études des Araignées venimeuses du Brésil méridional.

Rapport de M. Bouvier *sur les travaux de M.* **Paul Vignon**.

Le prix est décerné à M. **Paul Vignon** pour le beau livre qu'il vient de publier dans l'*Encyclopédie scientifique* sous le titre *Introduction à la Biologie expérimentale*, et qui passe en revue les activités, les instincts et les structures chez les êtres organisés. Richement et admirablement illustré par l'auteur, qui est un artiste en même temps qu'un homme de science, cet ouvrage n'a rien d'un exposé didactique, encore que les parties en soient très méthodiquement disposées; il ne remplacera pas les traités de Biologie, mais permettra sans doute de les mieux comprendre. M. Vignon rapporte les faits et les discute, comme il convient à un biologiste; alors survient le philosophe qui, derrière les faits, cherche les puissances secrètes de l'activité des êtres : pour lui, « le vivant est enclos dans un mur derrière quoi se joue la pièce » et « c'est à regarder à travers la muraille, par d'étroits interstices, c'est à donner l'assaut à l'imprenable forteresse » qu'est consacré le très important et fort original ouvrage qui attire sur M. **Vignon** les faveurs de l'Académie.

Rapport de M. A. Lacroix *sur les travaux de M.* **Raymond Decary.**

M. **R. Decary**, administrateur des Colonies à Madagascar, explore depuis de longues années la Grande île, publiant des travaux personnels sur l'ethnographie, la géologie, fournissant d'abondantes collections à de nombreux laboratoires parisiens.

Il vient de publier un très intéressant volume sur l'Androy, extrême sud de Madagascar, pays en partie désertique et le moins connu de la Colonie. Dans cet ouvrage, il traite surtout de la géographie et de l'ethnographie, et avec une grande compétence, car il a passé plusieurs années à administrer cette dure région.

Un prix Noury sera pour M. **R. Decary** une récompense appréciée et un encouragement à achever un second volume sur l'Androy, auquel il travaille actuellement.

Rapport de M. A. Lacroix *sur les travaux du Commandant* **Gabriel Grimaud.**

Le Cnt **Grimaud**, d'une haute culture scientifique, a été attaché en 1912, en qualité d'officier géographe, à la mission du Comte de Rohan-Chabot, effectuée en Angola et en Rhodésie. Il a consacré deux années à cette exploration de territoires fort peu connus.

Depuis la guerre, quatre importants volumes ont paru qui sont dus au Cnt **Grimaud**. Celui-ci a été à la peine, mais ne peut être à l'honneur. Il est mort, laissant une veuve et deux fillettes. Une récompense de l'Académie sera pour elles un précieux témoignage d'estime pour les travaux de leur mari et père.

Rapport de M. A. Lacroix *sur les travaux de M. le Dr* **Jehan Vellard.**

M. le Dr **Jehan Vellard** a été pendant huit années le collaborateur de M. Vitel Brasil de São Paulo, puis de l'Institut de Nitervi près Rio pour la préparation des virus antivenimeux.

Il est l'auteur d'importants travaux sur les venins. Excellent biologiste et zoologiste il a été chargé d'une mission d'étude de Rio de Janeiro au Paré par l'Araguayu, mission qui lui a permis de réunir de très importantes collections d'histoire naturelle envoyées au Muséum. Il en a décrit lui-même

une partie. Il a publié encore de nombreuses notes sur les Araignées, les Batraciens du Brésil et leurs venins, sur l'anatomie et la classification des Ophidiens et sur leurs venins : sur le venin des Raies et divers autres Poissons, etc.

M. **Vellard**, sur le point d'entreprendre une exploration au Paraguay, est un naturaliste qui mérite les plus grands encouragements.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

FONDS CHARLES BOUCHARD.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Mangin, Branly, Richet, Quénu, Leclainche, Bazy, Mesnil, Gravier, Vincent, Calmette, Achard; Roux, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer l'annuité du fonds Charles Bouchard à M. **Serge Metalnikov**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, pour son mémoire intitulé : *Rôle des réflexes conditionnels et du système nerveux dans l'immunité*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION ROY-VAUCOULOUX.

(Commissaires : MM. Richet, Quénu, Bazy, Joubin, Mesnil, Vincent; Roux, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation Roy-Vaucouloux à M. le Dr **Antoine Lacassagne**, sous-directeur de laboratoire à l'Institut du radium, pour ses travaux consacrés à l'action des radiations sur les tissus sains et les tissus cancéreux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

CONCOURS (1)

QUESTIONS PROPOSÉES.

PRIX BORDIN (3000fr).

(*Sciences mathématiques.*)

Question posée pour 1933 :

La Physique mathématique a, dès l'origine, fait usage de deux catégories de méthodes profondément différentes pour représenter les solutions. D'une part, celles-ci peuvent être exprimées par des intégrales définies portant sur les données du problème; de l'autre, ces données étant représentées par des séries de forme appropriée, dont la plus connue est la série de Fourier, on peut se proposer de mettre la solution sous une forme analogue. Chaque élément de la donnée influe directement sur la solution sous sa première forme, tandis qu'ils n'interviennent que globalement dans les méthodes de la seconde sorte.

L'Académie propose de rechercher une liaison entre ces deux catégories de méthodes. On pourra, par exemple, étudier dans cet esprit les séries de Fourier — ou tout autre type de séries de forme analogue — qui ne sont différentes de zéro que dans une partie de leur intervalle de définition.

LECTURE.

M. **Émile Picard**, Secrétaire perpétuel, lit une Notice sur *La vie et l'œuvre de Gabriel Lippmann*, membre de la Section de Physique générale.

A. Lx et É. P.

(1) Le programme des fondations de l'Académie est inséré, chaque année, dans son Annuaire et dans celui de l'Institut. Sont seules indiquées ici les questions particulières mises au concours.

TABLEAU DES PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS.

ANNÉE 1931

FONDATIONS SPÉCIALES.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 DÉCEMBRE 1931.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS DE LAUNAY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à M. **MALAVIYA**, recteur de l'Université de Bénarès, qui assiste à la séance.

M. **ÉMILE PICARD**, en présentant à l'Académie une publication de l'Observatoire d'Abbadia, s'exprime en ces termes :

Je dépose sur le bureau le *Quatrième Catalogue* de notre *Observatoire d'Abbadia, comprenant* 1272 *étoiles dont* 662 *fondamentales, observées en* 1926 *et* 1927, *et réduites à* 1925,0. Il y a eu en moyenne huit observations pour chaque étoile, et l'on est resté dans la zone regardée comme la plus favorable pour Abbadia, entre $+45°$ et $-26°$.

Le chronographe du P. Verschaffel, prototype de tous les chronographes imprimants utilisés dans le monde entier, à régulation par pendule conique, continue à donner toute satisfaction à nos observateurs.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Les membres et correspondants de l'Académie royale des Sciences* (1666-1793). Note de M. **A. LACROIX**.

Je dépose sur le Bureau un petit volume intitulé *Les membres et les correspondants de l'Académie royale des Sciences* (1666-1793), publié au nom de l'Académie :

Après avoir établi, en 1917, *l'Annuaire* historique de *l'Académie des*

Sciences de l'Institut de France, publié depuis lors chaque année et tenu à jour, il a paru utile de dresser, sur le même plan, la liste raisonnée, aussi complète que possible, de tous ceux qui, à des titres divers, ont été nos ancêtres, et ont fait partie de l'*Académie royale des Sciences*, supprimée, avec toutes les autres Académies, par la loi du 8 août 1793. C'est là un pieux souvenir que nous devons à nos prédécesseurs.

L'idée n'est pas neuve; sans parler des listes publiées jadis par les Secrétaires perpétuels J.-B. du Hamel et Fontenelle, Ernest Maindron a donné, en 1888, sous les auspices de J.-B. Dumas, l'un de leurs successeurs, une liste des membres de l'Académie royale accompagnée de diverses indications biographiques, mais cette énumération demandait des retouches et elle ne comprend pas les *Correspondants*.

M. Paul Dorveaux, qui, depuis plusieurs années, de concert avec M. Pierre Gauja, travaille assidûment, et avec succès, au classement de nos archives, s'est chargé de cette nouvelle tâche; elle a demandé de longues et pénibles recherches effectuées avec beaucoup de patience, de dévoûment et de sagacité. Des lacunes, malheureusement trop nombreuses, subsistent notamment dans les dates concernant les Correspondants. Beaucoup ne pourront être comblées, d'autres auraient pu être évitées par un supplément d'effort, mais il a paru préférable de ne pas retarder davantage la publication de ce petit volume. Nous le considérons comme une première approximation; aussi, *bien loin de chercher à dissimuler nos inconnues, les avons-nous mises en évidence, dans l'espoir que des érudits nous aideront à les faire disparaître dans une édition ultérieure.*

Quelques indications historiques sont nécessaires pour donner la signification de la nomenclature, assez compliquée et variable avec le temps, du personnel de l'ancienne Académie.

Dans le courant du XVIIe siècle, une Société privée de savants parisiens s'était formée qui se réunissait à jours fixes chez le P. Mersenne, puis chez le maître des requêtes Montmort, enfin plus tard chez le physicien Melchisédec Thévenot. Parmi ces savants, il faut compter G. Personne de Roberval, Descartes, Blondel, Blaise Pascal et son père Étienne Pascal, Gassendi.

Vers 1666, Colbert qui, comme son maître Louis XIV, avait de grands projets littéraires, pour employer le style du temps, s'intéressa à ce petit cénacle et lui donna l'hospitalité dans sa bibliothèque personnelle. Lorsque

la Bibliothèque du roi fut transférée rue Vivienne, avec l'approbation du monarque, Colbert l'y logea.

L'Académie royale des Sciences était née. Elle comprenait un Secrétaire perpétuel, Jean-Baptiste du Hamel, 7 mathématiciens (Pierre de Carcavi, Christian Huygens, G. Personne de Roberval, Bernard Frénicle de Bessy, Adrien Auzout, Jean Picart et Jacques Buot), 7 physiciens (Cureau de la Chambre et Claude Perrault, médecins; Samuel Cottereau-Duclos et Claude Bourdelin, chimistes; Jean Pecquet et Louis Gayant, anatomistes; Nicolas Marchant, botaniste), et quelques jeunes gens qui leur furent adjoints pour « les aider dans leurs travaux et leur succéder un jour ». On devait plus tard les appeler des *élèves*.

A la fin de l'année 1698, l'Académie se composait de 33 membres, dont un académicien externe, Fantet de Lagny, résidant à Lyon et 3 élèves.

Le roi approuvait l'élection des membres de l'Académie, donnait à celle-ci un budget et des pensions à quelques-uns des Académiciens, mais aucun règlement n'avait été octroyé à la Compagnie. Le premier acte officiel connu est la déclaration suivante, inscrite par Jean-Baptiste du Hamel, en tête du premier volume des *Procès-verbaux* rédigés par lui et conservés dans nos Archives.

« Ce 22 décembre 1666, il a esté arresté dans la Compagnie qu'elle s'assemblera deux fois la semaine, le mercredy et le samedy.

» 2. Que l'un de ces deux jours, sçavoir le mercredy, on traitera des mathématiques; le samedy, on travaillera à la physique.

» 3. Comme il y a une grande liaison entre ces deux sciences, on a jugé à propos que la Compagnie ne se partage point, et que tous se trouvent à l'assemblée les mesmes jours. »

On voit que notre classement en *division des sciences mathématiques* et *division des sciences physiques* ne date pas d'hier.

L'Académie vécut sous ce régime relativement libre jusqu'en 1699. En 1697, Fontenelle avait remplacé J.-B. du Hamel, comme Secrétaire perpétuel; ses successeurs devaient être Dortous de Mairan (1740), Grandjean de Fouchy (1744), et enfin Condorcet (1776). Il est piquant de remarquer que les quatre premiers de ces Secrétaires *perpétuels* n'ont pas achevé leur mandat et ont démissionné. Quant au dernier l'on connaît sa fin tragique.

Règlement du 26 janvier 1699. — Ce fut à cette date seulement que le roi

donna à l'Académie une organisation officielle, mais en même temps, il mit la main sur elle. Il transféra (31 mars) au Louvre son siège social qu'elle conserva jusqu'à la suppression des Académies, en 1793. Elle se réunissait dans la grande cour du palais, au 1er étage, au-dessus de la seconde partie de la salle des Cariatides.

L'Académie comprenait quatre *Classes*.

La première était constituée par 10 *honoraires*, parmi lesquels le roi choisissait le président, « tous régnicoles et recommandables par leur intelligence dans les mathématiques ou dans la physique ». En réalité, c'étaient des grands seigneurs ou des dignitaires de hautes charges du Royaume ou de la Cour.

La seconde Classe comprenait 20 *pensionnaires*, ainsi nommés parce qu'ils recevaient une pension sur la cassette royale : trois *géomètres*, trois *astronomes*, trois *mécaniciens*, trois *anatomistes*, trois *chimistes*, trois *botanistes*, un *Secrétaire* et un *Trésorier perpétuels*. Le vice-président était désigné par le roi et pris parmi les pensionnaires. Ceux-ci devaient habiter Paris et étaient remplacés en cas de départ de la capitale.

La troisième Classe était formée de 20 *associés* : 12 régnicoles (deux pour chacune des disciplines énumérées plus haut) et 8, qui pouvaient être étrangers, sans distinction de spécialité.

Seuls les Académiciens honoraires et les pensionnaires avaient droit au vote pour les élections et les affaires concernant l'Académie.

Enfin, la dernière Classe était constituée par les *élèves*, attachés à un pensionnaire et de même spécialité. Eux aussi étaient astreints à la résidence. Ils devaient avoir au moins 20 ans d'âge, les pensionnaires, au moins 25.

Ces divers ordres d'Académiciens étaient choisis par l'Académie suivant un protocole propre à chacun d'eux et soumis au roi qui les nommaient, à moins qu'il eût la fantaisie d'en désigner d'autres.

Le règlement indique que les Académiciens devaient être assidus aux séances; pour chacune d'elles les pensionnaires se partageaient 40 jetons. Nul d'entre eux ne pouvait, sans un congé exprès du roi, s'absenter plus de deux mois pour ses affaires personnelles, hors du temps des vacances.

Les Académiciens ayant à la cour un office les obligeant à séjourner loin de la capitale, obtenaient la *vétérance* qui fut instituée le 23 mars 1707; elle s'appliquait aux pensionnaires, aux associés et aux élèves. Les *vétérans* pouvaient assister aux assemblées de l'Académie, et ils y avaient voix

délibérative; comme les titulaires, ils avaient droit aux publications de l'Académie et à un service après leur mort.

Règlement du 3 *janvier* 1716. — Ce règlement porta le nombre des *honoraires* à 12, celui des associés ([1]), à 24, dont 12 étrangers. La Classe des élèves fut modifiée et débaptisée, les élèves étant remplacés par 12 *adjoints* (2 à chacune des six disciplines énumérées plus haut).

Au *président* et au *vice-président* annuels pris par le roi parmi les honoraires, et nommés par lui, furent adjoints un *directeur* ([2]) et un *sous-directeur* choisis de la même façon parmi les pensionnaires.

A partir de 1717, des *surnuméraires* figurent sur la liste des membres de l'Académie, publiée par l'*Almanach Royal*. C'étaient des savants recommandables, introduits par le roi en surnombre et destinés à devenir titulaires.

Le 22 mai 1730, était créée une place d'adjoint géographe.

Règlement du 23 *mars* 1753. — Le règlement de 1699 spécifiait par son article XXVII « que l'Académie aura soin d'entretenir commerce avec les divers savans, soit de Paris et des provinces du Royaume, soit même des pays étrangers », mais il était muet sur le mode de recrutement de ces correspondants. Or, dans la séance du 4 mars 1699, l'Académie en désigna 85, en les attachant non à une discipline, mais aux membres qui les avaient proposés et avec qui seulement ils avaient le droit de correspondre. Leur demeure devait être distante d'au moins 10 à 12 lieues de Paris. Ces correspondants furent recrutés pendant longtemps tant bien que mal, souvent même plutôt mal que bien, trop souvent parmi les parents et les amis des titulaires. Une réforme s'imposait. Aussi, le 23 mars 1753, Louis XV octroya-t-il un règlement en vertu de quoi « on ne recevra pour correspondants que ceux qui auront donné à l'Académie une idée avantageuse de leurs connaissances dans quelques-unes des sciences qu'elle a pour objet ».

Désormais les correspondants sont soumis à l'élection. S'ils viennent

---

(1) Le nombre des associés régnicoles a été successivement élevé à 14 (5 août 1731), à 16 (9 janvier 1762), enfin à 20 (8 juin 1765).

(2) La création d'un directeur et d'un sous-directeur avait été demandée par l'Académie en 1700, le président et le vice-président étant rarement présents, mais dès le 16 décembre 1702, le roi avait décidé qu'ils seraient nommés par lui.

habiter à Paris, ils peuvent assister aux séances de l'Académie pendant un an, après quoi ils sont exclus s'ils n'ont pas été admis dans une Classe. Tout correspondant qui, sauf les cas de force majeure, reste trois ans sans donner signe de vie à l'Académicien dont il dépend, est rayé. Enfin à la mort d'un Académicien, ses correspondants sont rattachés à l'un de ses confrères.

Les membres de l'Académie eux-mêmes n'étaient pas à l'abri des exclusions; on trouvera indiqués quelques motifs de cette mesure sévère : négligence, manque d'assiduité, absence, expatriation. En 1702, on voit même exclure un astronome en application de l'article XXVI du règlement de 1699, ainsi conçu. « L'Académie veillera exactement à ce que, dans les occasions où quelques académiciens seront d'opinions différentes, ils n'emploient aucun terme de mépris ni d'aigreur l'un contre l'autre, soit dans leurs discours, soit dans leurs écrits. »

Règlement du 23 avril 1785. — Enfin, une dernière modification aux statuts de l'Académie date de la veille de la Révolution; elle fut l'œuvre de Lavoisier, alors directeur.

Il n'est pas touché aux Secrétaire et Trésorier perpétuels, ni aux 12 honoraires; les associés libres sont au nombre de 12, et les associés étrangers 8; l'adjoint géographe prend le titre d'associé géographe. Mais le nombre des Classes est porté de 6 à 8 : *géométrie*, *astronomie*, *mécanique*, *physique générale*, *anatomie*, *chimie et métallurgie*, *botanique et agriculture*, *histoire naturelle et minéralogie*. La notion des deux divisions est précisée : la Classe de physique générale est rangée parmi celles des mathématiques, et la Classe d'histoire naturelle et de minéralogie avec celles de physique.

Quant aux surnuméraires, il n'en sera plus admis aucun, « sous quelque prétexte que ce soit ». C'était là un barrage opposé à l'arbitraire royal. Il n'est plus question des vétérans.

Le 19 décembre 1792, l'Académie obtient enfin le droit de nommer elle-même son président (D'Arcet), et son vice-président (Laplace). Le directeur et le sous-directeur sont supprimés.

Peu à peu l'on se rapproche ainsi du statut qui, en 1795, va devenir celui de la Première Classe de l'Institut de France, et qui, à peu de chose près, est resté le nôtre.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Sur l'existence et la préparation du sous-oxyde de plomb*. Note [1] de MM. **Paul Pascal** et **Pierre Minne**.

L'existence du sous-oxyde Pb^2O a été parfois mise en doute et certains modes de préparation ont été particulièrement discutés. Nous avons cherché à les suivre par l'analyse magnétique.

Le procédé qui paraît conduire à un composé défini est la décomposition de l'oxalate de plomb [2] dans le vide, à 275° :

$$2(CO^2)^2Pb \rightarrow CO + 3CO^2 + Pb^2O.$$

Grâce au jeu d'une pompe Langmuir, la pression n'a jamais dépassé 1^{mm} de mercure au cours de nos expériences, qui ont duré chaque fois une vingtaine d'heures. Nous sommes donc toujours restés loin du seuil de 5^{cm} de mercure qui provoquerait la réaction du gaz carbonique sur le sous-oxyde et sa réduction par l'oxyde de carbone [3].

L'arrêt de la transformation correspond à la cessation du dégagement gazeux et il est indiqué par le jeu d'une jauge de Mac Leod.

Nous avons pu obtenir ainsi un produit pur et constant, noir velouté, contenant 96,1 pour 100 de plomb (théorie pour Pb^2O : 96,28 pour 100). La densité, mesurée par la méthode du flacon, dans le toluène sec qui mouille parfaitement le corps, est égale à 8,35, à 18°; la susceptibilité magnétique, évaluée à la balance de Curie, est $\chi_{Pb^2O} = -0,09.10^{-6}$. Il ne peut donc s'agir d'un mélange équimoléculaire de plomb ($\chi_{Pb} = -0,12.10^{-6}$) et d'oxyde PbO ($\chi_{PbO} = -0,19.10^{-6}$), et nous admettrons que la méthode à l'oxalate fournit un sous-oxyde défini Pb^2O.

Nous avons étudié d'autre part la réduction de l'oxyde de plomb PbO à l'aide de la phénylhydrazine, indiquée par Puxeddu [4], qui conseille d'opérer entre 80° et 150° en présence d'un excès du réactif réducteur.

A 80°, la réaction est très lente; au-dessus de 150°, il y a formation manifeste et rapide de plomb métallique. Nous avons donc d'abord opéré la réduction à la température moyenne de 115°, en utilisant un oxyde de

(1) Séance du 7 décembre 1931.
(2) Denham, *Journ. of Chem. Society*, 111, 1917, p. 29.
(3) Colson, *Comptes rendus*, 140, 1905, *p.* 865.
(4) Puxeddu, *Gazetta chimica italiana*, 58, 1928, p. 224.

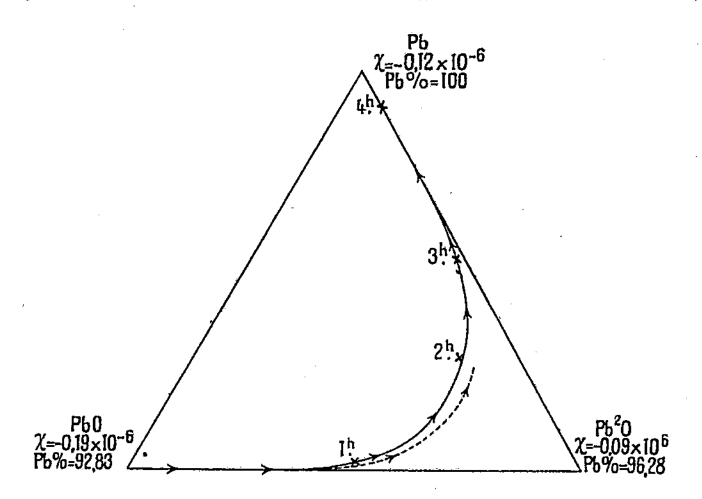
plomb finement pulvérisé et fréquemment remis en suspension dans le liquide.

Le produit de la réaction a été recueilli toutes les heures, lavé à l'alcool absolu et à l'éther, pour être séché dans le vide sulfurique; il a été analysé et étudié magnétiquement.

Voici une série de résultats :

Temps de réduction	Pb pour 100.	Susceptibilité magnétique.
1 heure	94,6	$-0,140.10^{-6}$
2 heures	96,8	$-0,113$ »
3 »	98,3	$-0,107$ »
4 »	99,8	$-0,118$ »

Ainsi, déjà au bout de deux heures, le produit contenait plus de plomb



qu'il n'en correspond au sous-oxyde; la réduction ne s'en tient donc pas au terme Pb^2O et elle conduit au plomb métallique.

L'apparition de ce dernier élément, dans les sous-oxydes obtenus par réduction, se manifeste dès les premiers moments de l'action de la phénylhydrazine, comme le montre le tracé de la trajectoire de réduction dans le triangle de référence : plomb-oxyde-sous-oxyde (voir figure).

On obtient facilement cette courbe en prenant les intersections des lignes de niveau, cotées dans le tableau précédent et qui appartiennent aux surfaces (planes) représentant les teneurs en métal et les susceptibilités magnétiques des mélanges ternaires : Pb — Pb — Pb^2O. Elle montre nettement qu'on n'atteint jamais le sous-oxyde pur, réduit, dès sa formation, à l'état

métallique et dans lequel, au bout de deux heures, on trouve un minimum de 40 pour 100 d'impuretés.

L'abaissement de la température de réduction à 105-110° diminue de moitié la vitesse de transformation, sans améliorer beaucoup la qualité du sous-oxyde, dont la loi d'apparition est donnée par la courbe en pointillé.

En résumé, la réduction de l'oxyde de plomb ne fournit pas le sous-oxyde pur, quelles que soient les conditions expérimentales et, seule, la décomposition de l'oxalate dans le vide semble conduire à un composé défini.

M. **M. Brillouin** fait hommage à l'Académie de deux Notices dactylographiées intitulées *Trente Ans d'Enseignement au Collège de France* et *Notice sur les travaux scientifiques* — 1900-1931 — *de M.* Marcel Brillouin, *professeur de Physique mathématique au Collège de France.*

M. **M. Molliard** présente à l'Académie le XIe volume de la *Flore complète*, illustrée en couleurs, *de France, Suisse et Belgique* entreprise par Gaston Bonnier et achevée par R. Douin, professeur à la Faculté des Sciences de Lyon.

Ce volume, qui se présente avec les mêmes caractères d'art et de précision que les précédents, se rapporte aux plantes Monocotylédones et spécialement aux Iridées, Orchidées, Joncées, Cypéracées et une partie des Graminées; la plupart des espèces de cette dernière famille trouveront place dans le XIIe et dernier volume, qui comprendra en outre les Gymnospermes et les Cryptogames vasculaires.

M. **Ch. Fabry** fait hommage à l'Académie du *Traité de Télémétrie* de M. Paul Mazuir, dont il a écrit la *Préface*.

CORRESPONDANCE.

M. **Raymond Ricard** adresse un rapport relatif à l'emploi qu'il a fait de la subvention accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1930.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Cesare Fabris. *Teorie moderne su l'origine e su la struttura dei cicloni.* (Présenté par Ch. Lallemand.)

2° Henry Derville. *Les Marbres du Calcaire carbonifère en Bas-Boulonnais.* (Présenté par M. L. Cayeux.)

Mmes V^ves^ **Paul Appell**, **Eugène Derrien** et **Gabriel Grimaud** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées aux travaux de leur mari.

M. et Mme **I. Herbrand** remercient l'Académie pour la distinction accordée aux travaux de leur fils **Jacques Herbrand**, décédé.

Mmes **Marc Bel**, **Berthe Chauchard**, **Mélina Lipinska** ;

MM. **Charles Bertin**, **Eugène Burlot**, **Fritz Busser**, **Léon Carez**, **Émile Cesari**, **Georges Champetier**, **Albert Chauchard**, **Henri Chipart**, **Henri Chrétien**, **Georges Darrieus**, **Jean des Cilleuls**, **Henri Devaux**, **Charles Dhéré**, **Eugène Estanave**, **Paul Fallot**, **Maurice Fontaine**, **Pierre Frémy**, **René Garnier**, **Jean Gautrelet**, **Émile Guyénot**, **Gustave Hinard**, **Louis Izard**, **Louis Justin-Besançon**, **Irénée Lagarde**, **Maurice Langeron**, **Maurice Lebrun**, **François Lesbre**, **Pierre Lesne**, **René de Mallemann**, **Henri Marcelet**, **Yves Milon**, **Victor Morax**, **Francis Perrin**, **Maurice Pilod**, **Émile Pierret**, **Gustave Ribaud**, **Edmond Rothé**, **Pierre-Ernest Roucayrol**, **Henri Roussilhe**, **François Saint-Girons**, **Paul Vignon**, **Maurice Villaret**, **Gabriel Voitoux** adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs travaux.

Mme Vve **Cusco** adresse également des remercîments à l'Académie.

Mlle **Madeleine Chenot** ;

MM. **James Basset**, **Arthur Brunel**, **Gaston Delépine**, **Jean Dœuvre**, **René Dubrisay**, le Général commandant l'**École Polytechnique**, **Abel Gruvel**, **Antoine Lacassagne**, **Charles Marie**, **Serge Metalnikov**, le Directeur de l'**Office international pour la protection de la nature**, **Georges Perrier**, **Albert Peyrot**, **Raymond Ricard** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été attribuées pour leurs recherches, leurs publications ou leurs bibliothèques.

ANALYSIS SITUS. — *Sur un invariant topologique.*
Note (1) de M. **Lucien Lichtenbaum**, présentée par M. Émile Borel.

Soit M un espace métrique compact. Ses sous-ensembles A et B sont dits voisins si

$$\bar{A} \times \bar{B} \neq 0.$$

Soit (A) un système de sous-ensembles de M tel que

$$M = \Sigma(A).$$

Nous appellerons entourage O de l'élément A du système (A) l'ensemble des éléments du système (A) différents de l'élément A et voisinant avec lui. Nous appellerons corps F de l'élément A du système (A) l'ensemble des éléments du système (A) voisinant avec l'élément A.

Supposons le système (A) formé d'un nombre fini de sous-ensembles fermés de M, c'est-à-dire

$$M = \sum_{i=1}^{k} A_i,$$

où k est un nombre fini entier.

Choisissons un point a_i dans l'ensemble A_i. Nous réunissons les points a_j et a_i en paire, si

$$A_i \times A_j \neq 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, k;\, j = 1, 2, \ldots, k;\, i \neq j).$$

A la paire a_i, a_j nous faisons correspondre arbitrairement le segment $a'_i a'_j$ de droite; alors nous avons la courbe $L(A_i)$ (2) dont l'ordre (3) dans le point a_i est évidemment égal au nombre des éléments dans O_i.

Soit ε un nombre positif donné. Soit p un nombre fini entier.

S'il existe un ε tel que M ne puisse pas être couvert par un nombre fini k d'ensembles fermés $A_1, A_2, \ldots, A_k$ de diamètre $< \varepsilon$ de telle manière que $F_i (i = 1, 2, \ldots, k)$ contienne un nombre d'ensembles inférieur à p, nous disons que l'ordre intégral de M n'est pas inférieur à p.

---

(1) Séance du 30 novembre 1931.

(2) Nous admettons que $a'_i a'_j \times a'_i a'_l = a'_i$, si $j \neq l$, et $a'_i a'_j \times a'_p a'_q = 0$, si $i \neq p \neq j$, $i \neq q \neq j$. Nous considérons les autres points de ces segments comme différents, Retenant la définition de point limite pour les points du segment nous avons un espace abstrait $L(A_i)$.

(3) K. Menger, *Die Ordnung* (*Mathematische Annalen*, 95, 1925, p. 278).

Dans ce cas il est évidemment impossible de construire pour un ε donné un système de sous-ensembles fermés (A_i) tel que l'ordre de la courbe $L(A_i)$ soit inférieur à p. Si, au contraire, M peut être couvert par un nombre fini k d'ensembles fermés du diamètre $< \varepsilon$, ε étant un nombre positif quelconque, de telle manière que O_i contienne un nombre d'ensembles inférieur à p, nous disons que l'ordre intégral de M n'est pas supérieur à p. Dans ce cas, pour chaque ε, nous pouvons construire un système d'ensembles fermés (A_i) tel que

$$M = \sum_{i=1}^{k} A_i,$$

et l'ordre de $L(A_i)$ est égal à p.

Si l'ordre intégral de M n'est ni inférieur ni supérieur à p, nous disons que l'ordre intégral de M est égal à p. Si l'ordre de M est supérieur à p pour chaque p fini et entier, nous disons qu'il est infini.

Parce que la notion que nous avons introduite se rattache à celle de l'ordre, nous nous sommes permis de l'appeler ordre. Par rapport à l'ordre intégral de l'intervalle n-dimensionnel euclidien R_n (1) nous avons démontré le théorème suivant :

L'ordre de R_n est égal à $2^{n+1}-2$.

Le corps F_i relativement au système (A_i) sera dit n-dimensionnel, si O_i contient un nombre d'éléments non inférieur à $2^{n+1}-2$. Deux corps F_i et F_j sont dits indépendants, s'ils ne possèdent pas d'éléments communs.

Soit S_{n-1} la sphère à $n-1$ dimensions de l'espace euclidien à n dimensions, satisfaisant à l'équation

$$X_1^2 + X_2^2 + \ldots + X_n^2 = 1.$$

Relativement à S_{n-1} nous pouvons démontrer le théorème suivant :

Si le diamètre des F_i est inférieur à 1, le système (A_i) ne contient pas moins de deux corps $(n-1)$-dimensionnels indépendants.

---

(1) H. Lebesgue, *Fundamenta Mathematicae*, 2, 1921, p. 257.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les congruences de droites et les surfaces parallèles dans l'espace hilbertien.* Note [1] de M. **E. Pinte**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous continuerons à faire nôtres les bases posées par M. Vitali [2]. Nous dirons qu'une famille de droites à deux paramètres est une congruence, si elle se décompose de deux manières différentes en développables [3]. Soit

$$P = M + \varpi X \tag{1}$$

l'équation de la génératrice, M et X étant des fonctions de u et v (outre t). Le paramètre X doit satisfaire à une équation linéaire aux dérivées partielles du second ordre

$$c X_{11} + d X_{12} + e X_{22} + a X_1 + b X_2 + h X = 0 \tag{2}$$

et M à deux relations de la forme

$$M_1 = m_1 X + m_1^1 X_1 + m_1^2 X_2, \qquad M_2 = m_2 X + m_2^1 X_1 + m_2^2 X_2, \tag{3}$$

a, b, ..., m_i, m_i fonctions de u, v seulement.

Par un changement de variables u, v, et de paramètre X (2) peut se ramener à une équation de Laplace

$$X_{12} + a X_1 + b X_2 = 0. \tag{4}$$

Réciproquement, si l'on donne une V_3 conique $P = \varpi X$, X satisfaisant à une équation de la forme (2), il existe une infinité de congruences qui l'admettent pour cône directeur. Supposons (2) réduit à la forme (4), et supposons que M décrive une nappe focale; M est déterminé par deux équations

$$M_1 = f_1 X, \qquad M_2 = f_2 X - r X_2, \tag{5}$$

avec $r = -f_2 : a$, f étant une fonction de u, v solution de

$$f_{12} - a f_1 + \left(b - \frac{a_1}{a}\right) f_2 = 0; \tag{6}$$

$\varpi = r$ donne alors la seconde nappe focale.

---

[1] Séance du 7 décembre 1931.

[2] *Geometria nello spazio hilbertiano* (Bologna, Zanichelli, 1929).

[3] Tzitzéica, *Géométrie différentielle des réseaux*, p. 63 (Paris, Gauthier-Villars, 1924).

Les formules (3) montrent que toute génératrice infiniment voisine, aux infiniment petits du second ordre près, reste dans l'E_3 déterminée par M et par les trois directions X, X_1, X_2. Il s'ensuit que les propriétés infinitésimales métriques des congruences dans l'espace ordinaire et les formules qui les expriment subsistent dans l'espace hilbertien [1].

On définit les congruences normales comme dans la géométrie ordinaire. La condition nécessaire et suffisante pour qu'une congruence soit normale est que les plans focaux soient rectangulaires.

Un cas particulier est celui où l'équation (2), au lieu de se réduire à la forme (4), se réduit à la forme

$$X_{11} + aX_1 + bX_2 = 0. \tag{7}$$

La congruence est alors parabolique et se réduit aux tangentes asymptotiques d'une surface.

Voici une autre génération d'une congruence quelconque. Les points P des droites d'une congruence forment une $V_3(P)$. Celle-ci est l'enveloppe d'un E_3 dépendant de deux paramètres u et v. Les caractéristiques pour u et v indépendants sont les génératrices de la congruence. On peut dire aussi que cette V_3 est une V_3 réglée telle que l'E_3 tangent reste le même tout le long de chaque génératrice rectiligne.

On peut étendre aux réseaux et aux congruences rectilignes de l'espace hilbertien les notions de congruences harmoniques à un réseau; on a par exemple la proposition suivante : Deux réseaux conjugués à une congruence sont harmoniques à une autre congruence [2].

Nous dirons que deux surfaces (M), (N) non homothétiques sont parallèles, si leurs plans tangents sont deux à deux parallèles; elles admettent des réseaux conjugués de courbes parallèles. Les droites qui joignent les points correspondants M et N engendrent une congruence, dont les deux familles de développables correspondent aux deux familles de courbes du réseau conjugué.

Si l'on considère l'ensemble des droites joignant les points N de la surface (N) à un point fixe quelconque A, et si par le point M correspondant à N on mène une droite D parallèle à la droite AN, cette droite D engendre une congruence.

---

(1) Voir par exemple Vessiot, *Leçons de Géométrie supérieure*, p. 147 (Paris, Hermann, 1919).

(2) Tzitzéica, *Géométrie*... p. 71.

Inversement, étant donnée une congruence de droites

$$(1) \qquad P = M + wX$$

(M et X fonctions de u et v, outre t), si on leur mène d'un point fixe O des parallèles $Q = xX$, X vérifie une équation qui, par un changement de variables et de paramètre, est réductible à la forme

$$(4) \qquad X_{12} + aX_1 + bX_2 = 0.$$

X décrit alors une surface à réseau conjugué. Il y a une infinité de tels réseaux conjugués dépendant de deux fonctions arbitraires, tracés sur la V_3 conique $Q = xX$. Si l'on considère un de ces réseaux, soit (X), il existe sur la congruence une famille à un paramètre de surfaces parallèles à la surface (X); on les obtient par une quadrature qui exprime w, et la constante d'intégration est le paramètre de la famille.

La détermination des congruences admettant une V_3 conique comme cône directeur et la détermination des surfaces parallèles à une surface donnée sont deux problèmes équivalents. Il en est encore de même de la détermination des congruences parallèles.

On peut étendre certaines de ces considérations à des congruence rectilignes à n paramètres, c'est-à-dire à des systèmes de droites à n paramètres se décomposant en n familles de développables à $n-1$ paramètres. Elles peuvent s'obtenir comme V_{n+1} enveloppes d'E_{n+1} dépendant de n paramètres $u_1, u_2, \ldots u_n$, et admettant des droites caractéristiques, quand les u varient indépendamment les uns des autres. On peut dire aussi que ce sont les ∞^n génératrices d'une V_{n+1} réglée $P = M + wX$ (M et X fonctions de $u_1, \ldots, u_n$, outre t) qui admet même E_{n+1} tangent tout le long de chaque génératrice rectiligne. La réciproque est vraie.

Enfin, si l'on considère deux V_n parallèles (M), (N) non homothétiques, c'est-à-dire ayant leurs E_n tangents deux à deux parallèles, il existe sur ces deux V_n un réseau de courbes parallèles, tel que par chaque point il en passe n différentes. Les droites joignant les points correspondants M, N engendrent une congruence dont les développables passent par les courbes parallèles.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les réseaux dont les tangentes appartiennent à des complexes linéaires et les surfaces non euclidiennes à courbure totale constante.* Note (1) de M. **Jacques**, présentée par M. Élie Cartan.

La détermination d'un réseau $M(x_1, x_2, x_3)$, dont les tangentes appartiennent à des complexes linéaires, est liée à la résolution des systèmes suivants (2) :

$$\frac{\partial \xi_i}{\partial u} = \frac{\partial \varphi}{\partial u} \xi_i + e^{-\varphi} \eta_i, \qquad \frac{\partial \eta_i}{\partial u} = e^{\varphi} \xi_i,$$

$$\frac{\partial \xi_i}{\partial v} = e^{\varphi} \eta_i; \qquad \frac{\partial \eta_i}{\partial v} = \frac{\partial \varphi}{\partial v} \eta_i + e^{-\varphi} \xi_i$$

$$(i = 1, 2);$$

$$\frac{\partial r}{\partial u} + q\, e^{-\varphi} = 0, \qquad \frac{\partial q}{\partial u} + q \frac{\partial \varphi}{\partial u} + \frac{p^2}{\lambda^2} r\, e^{\varphi} = 0,$$

$$\frac{\partial r}{\partial v} + r \frac{\partial \varphi}{\partial v} + \frac{\lambda^2}{\mu^2} q\, e^{\varphi} = 0; \qquad \frac{\partial q}{\partial v} + r\, e^{-\varphi} = 0.$$

La fonction φ des deux variables u et v satisfaisant à l'équation

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial u\, \partial v} = e^{2\varphi} - e^{-2\varphi},$$

les coordonnées x_1, x_2 étant définies par les relations

$$x_1 = q \xi_1 + r \eta_1,$$
$$x_2 = q \xi_2 + r \eta_2.$$

Les quantités ξ_3, η_3, x_3 sont données par

$$\xi_3 = -\frac{r}{\lambda^2} e^{\varphi}, \qquad \frac{\partial x_3}{\partial u} = r^2 e^{2\varphi} \frac{\mu^2 - \lambda^2}{\lambda^4},$$

$$\eta_3 = \frac{q}{\mu^2} e^{\varphi}; \qquad \frac{\partial x_3}{\partial v} = q^2 e^{2\varphi} \frac{\mu^2 - \lambda^2}{\lambda^4}.$$

L'objet de cette Note est d'indiquer, en partant de ces éléments, une correspondance analytique simple entre de tels réseaux et les réseaux formés par les lignes de courbure des surfaces non euclidiennes à courbure

(1) Séance du 30 novembre 1931.

(2) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 577.

totale constante [1]. M. Demoulin a montré [*Académie Royale de Belgique* (Extrait des Bulletins n° 12, décembre 1909, p. 1189 et suiv.)] qu'il était possible, par certaines transformations géométriques, de déduire des réseaux M des surfaces à courbure moyenne non euclidienne constante. Les résultats obtenus ont équivalents.

Nous désignerons par $\ldots S_2, S_1, M, R_1, R_2 \ldots$ la suite (A) formée par le réseau M et ses divers transformés par la méthode de Laplace; par $\ldots s_2, s_1, m, r_1, r_2 \ldots$ la suite (a) analogue formée par les réseaux projetés sur le plan $x_1 O x_2$.

Les lignes asymptotiques des divers réseaux de la suite (A) se correspondent. Un calcul facile montre que ces lignes sont définies par les relations

$$\frac{u}{\lambda} \pm \frac{v}{\mu} = \text{const.}$$

Nous prendrons comme nouvelles variables

$$\frac{u}{\lambda} + \frac{v}{\mu} = U,$$

$$\frac{u}{\lambda} - \frac{v}{\mu} = V.$$

On sait que, dans ces conditions, les lignes asymptotiques du réseau M se projettent sur le plan $x_1 O x_2$ et définissent un réseau à invariants ponctuels égaux. L'équation de Laplace correspondante s'écrit

$$\frac{\partial^2 x}{\partial U\, \partial V} = \frac{\partial \varphi}{\partial V}\frac{\partial x}{\partial U} + \frac{\partial \varphi}{\partial U}\frac{\partial x}{\partial V}.$$

Remarquons aussi que les réseaux analogues déduits de la suite

$$\ldots S_4, S_2, M, R_2, R_4 \ldots$$

satisfont à la même équation, tandis que ceux qui se déduiraient de la suite

$$\ldots S_3, S_1, R_1, R_3 \ldots$$

vérifieraient l'équation de Laplace

$$\frac{\partial^2 x}{\partial U\, \partial V} = -\frac{\partial \varphi}{\partial V}\frac{\partial x}{\partial U} - \frac{\partial \varphi}{\partial U}\frac{\partial x}{\partial V}.$$

---

(1) C. GUICHARD, *Sur la déformation des surfaces* (*Journal de Liouville*, 2, II, 1896, p. 123).

L'ensemble des réseaux ainsi définis est caractérisé par les éléments communs suivants, paramètres normaux $\bar{\xi}_i$, $\bar{\eta}_i$ des tangentes, rotations $\bar{m}$, $\bar{n}$, donnés par les égalités

$$\begin{aligned} \bar{\xi}_i &= -\frac{r\xi_i}{\lambda} + \frac{q\eta_i}{\mu} \\ \bar{\eta}_i &= -\frac{r\xi_i}{\lambda} - \frac{q\eta_i}{\mu} \end{aligned} \qquad (i=1,\ 2);$$

$$\bar{m} = \frac{\partial\varphi}{\partial V},$$

$$\bar{n} = \frac{\partial\varphi}{\partial U}.$$

Ces quantités nouvelles vont nous donner immédiatement l'interprétation géométrique indiquée.

On vérifie en effet que l'on a

$$\frac{\partial\bar{\xi}_i}{\partial U} = \frac{\partial\varphi}{\partial V}\bar{\eta}_i + 2(\lambda+\mu)\operatorname{ch}\varphi\left(\frac{q\xi_i}{\mu} - \frac{r\eta_i}{\lambda}\right) + 2(\lambda-\mu)\operatorname{sh}\varphi\left(\frac{q\xi_i}{\mu} + \frac{r\eta_i}{\lambda}\right),$$

$$\frac{\partial\bar{\xi}_i}{\partial V} = \frac{\partial\varphi}{\partial U}\bar{\eta}_i;$$

$$\frac{\partial\bar{\eta}_i}{\partial U} = \frac{\partial\varphi}{\partial V}\bar{\xi}_i,$$

$$\frac{\partial\bar{\eta}_i}{\partial V} = \frac{\partial\varphi}{\partial U}\xi_i - 2(\lambda-\mu)\operatorname{ch}\varphi\left(\frac{q\xi_i}{\mu} + \frac{r\eta_i}{\lambda}\right) - 2(\lambda+\mu)\operatorname{sh}\varphi\left(\frac{q\xi_i}{\mu} - \frac{r\eta_i}{\lambda}\right).$$

$$(i=1,\ 1).$$

Il en résulte que les quantités

$$\begin{aligned} x_i &= \frac{q\xi_i}{\mu} + \frac{r\eta_i}{\lambda}, & \bar{\xi}_i &= -\frac{r\xi_i}{\lambda} + \frac{q\eta_i}{\mu}, \\ y_i &= \frac{q\xi_i}{\mu} - \frac{r\eta_i}{\lambda}; & \bar{\eta}_i &= -\frac{r\xi_i}{\lambda} - \frac{q\eta_i}{\mu}, \end{aligned}$$

$$(i=1,\ 2),$$

liées par les relations quadratiques

$$x_i^2 - y_i^2 + \xi_i^2 - \eta_i^2 = 0,$$

$$x_1x_2 - y_1y_2 + \xi_1\xi_2 - \eta_1\eta_2 = 0,$$

permettent de déduire immédiatement deux combinaisons isotropes et rectangulaires des éléments des différentes lignes d'un déterminant orthogonal d'ordre 4 que l'on peut faire correspondre (2) aux surfaces non euclidiennes à courbure totale constante.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur l'application projective d'un complexe quadratique sur le complexe linéaire non spécial.* Note (¹) de M. **Paul Mentré**, présentée par M. Élie Cartan.

1. C'est un problème intéressant de rechercher les complexes projectivement applicables sur le complexe linéaire non spécial.

On sait notamment [E. Cartan, *Sur le problème général de la déformation* (*C. R. du Congrès International de Strasbourg*, 1920)] que les complexes enveloppés par un complexe linéaire non spécial dépendant d'un seul paramètre sont tous applicables.

Je vais me contenter de donner un exemple très simple de complexe applicable et enveloppé par un complexe linéaire dépendant de deux paramètres, en employant les notations de ma Thèse (²).

2. On peut choisir le repère $a_1 a_2 a_3 a_4$ associé à la génératrice $r = [a_1 a_2]$ d'un complexe linéaire g de manière à avoir les équations de Frenet

$$(1)\qquad da_1 = a_3 du - a_4 dv, \qquad da_2 = a_3 dv + a_4 dw, \qquad da_3 = 0, \qquad da_4 = 0.$$

Considérons d'autre part le complexe G défini par les équations compatibles

$$(2)\qquad \begin{cases} dA_1 = \alpha A_2 dv + A_3 du - A_4 dv, \qquad dA_2 = \alpha A_2 dw + A_3 dv + A_4 dw, \\ dA_3 = 0, \qquad dA_4 = \alpha^2 A_2 dw - \alpha A_3 dv + \alpha A_4 dw \qquad (\alpha = \text{const.}). \end{cases}$$

Ce complexe G, engendré par la génératrice $R = [A_1 A_2]$, est manifestement applicable sur le complexe linéaire, car les développables du complexe linéaire et du complexe G sont fournies par la même équation (³) de Monge

$$du\, dw + dv^2 = 0.$$

3. L'intégration du système (2) montre que l'équation du complexe G est, en coordonnées pluckériennes, $MX + YZ = 0$. Comme cette équation ne dépend pas de la valeur numérique de la constante α, *le complexe quadratique* G *admet une déformation projective sur lui-même*, cette déformation s'obtenant par la modification continue de α.

(¹) Séance du 7 décembre 1931.

(²) Paul Mentré, *Les Variétés de l'espace réglé* (Paris, 1923).

(³) Fubini et Čech, *Lezioni di Geometria proiettivo-differenziale* (Bologne, 1927, p. 582).

4. Le complexe G a pour symbole [33]. Il peut être considéré comme un complexe tétraédral dégénéré. Il est enveloppé par un complexe linéaire dépendant seulement de deux paramètres et jouant le rôle de complexe stationnaire triple. Il admet sur chacune de ses droites un foyer inflexionnel triple et un foyer inflexionnel simple.

Il peut être engendré par les ∞^1 congruences linéaires L dont les directrices sont deux droites mobiles qui se correspondent homographiquement sur deux faisceaux plans tels que le plan du premier faisceau contient le sommet du second; d'ailleurs à la droite du premier faisceau passant par les deux sommets correspond l'intersection des deux plans.

5. Etudions maintenant la correspondance entre les droites r du complexe linéaire g et les droites R du complexe quadratique G.

Commençons par remarquer que si le paramètre v reste constant, la droite R reste dans une congruence linéaire L, tandis que r décrit une congruence linéaire r.

Il est remarquable que les ∞^1 congruences linéaires l engendrent le complexe linéaire g de la façon signalée par Sylvester : les directrices sont deux droites mobiles qui se correspondent homographiquement sur deux faisceaux plans tels que la droite d'intersection des deux plans coïncide avec la droite qui joint les sommets; d'ailleurs cette dernière droite se correspond à elle-même.

On voit aisément que si v varie, les deux directrices de $l(v)$ et les deux directrices de $L(v)$ restent en correspondance homographique.

6. Il nous reste à étudier la correspondance entre les droites de deux congruences linéaires associées $l(v)$ et $L(v)$. On vérifie facilement que l'on a une application singulière (au sens de M. Cartan) du deuxième ordre infinitésimal, car toutes les expressions de Pfaff $\Omega_{ij} - \omega_{ij}$ sont nulles sauf $\Omega_{42} - \omega_{42}$ et $\Omega_{44} - \omega_{44} = \Omega_{22} - \omega_{22}$, lorsque la différentielle dv est nulle.

On sait que toute application projective de complexes met en correspondance les développables. Comme les développables d'une congruence linéaire sont dégénérées en faisceaux plans, on prévoit que chaque faisceau F de la congruence $L(v)$ s'appliquera sur un faisceau f de la congruence $l(v)$. On constate d'ailleurs que la correspondance entre les droites de deux faisceaux plans associés est projective, car elle annule toutes les expressions $\Omega_{ij} - \omega_{ij}$.

Lorsque le sommet b du faisceau f décrit une directrice de $l(v)$, le sommet B du faisceau F décrit une directrice de $L(v)$; d'ailleurs les sommets b et B restent en correspondance homographique.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'itération de certaines fonctions algébriques*. Note ([1]) de M. **F. Marty**, présentée par M. Émile Borel.

Appelons fonction *cyclique* une fonction dont les itérées n'associent à chaque point qu'un nombre fini de conséquents distincts.

Appelons *fonction d'automorphie* d'une fonction $f(z)$, une fonction $H(z)$ vérifiant

$$f[H(z)] = f(z).$$

1. On peut déterminer toutes les fonctions algébriques cycliques au moyen du résultat suivant :

Théorème I. — *Si une fonction algébrique* $Z(z)$ *est cyclique, il existe une fonction rationnelle dont les seules fonctions d'automorphie sont* $Z(z)$ *et ses itérées*.

On en conclut facilement que, si une fonction algébrique est cyclique, tout conséquent d'un point est aussi un antécédent.

Soit $R(z) = \frac{P(z)}{Q(z)}$ la fraction rationnelle de définition, l'ensemble d'un point et de ses conséquents constitue les solutions de l'équation algébrique

$$P(z) + h\,Q(z) = 0$$

dont les coefficients dépendent linéairement d'un même paramètre.

L'équation qui lie z à un de ses conséquents Z est de la forme

$$\Pi(Z, z) = \frac{P(Z)Q(z) - Q(Z)P(z)}{Z - z} = 0.$$

Si l'on calcule les coefficients de ce polynome Π en fonction des coefficients de P et Q, on constate que, n étant le degré de $R(z)$:

Théorème II. — 1° $\Pi(Z, z)$ *est de degré* $2n - 2$ *au plus*.

2° *Si dans* $\Pi(Z, z)$ *nous prenons l'ensemble des termes de degré inférieur ou égal à* $p - 1$, *cet ensemble peut servir de début à un polynome de même type ayant pour degré un nombre pair donné supérieur à* $2n - 2$.

3° $\Pi(Z, z)$ *peut constituer l'ensemble des termes de degré inférieur à* $2n - 1$ *d'un polynome du même type ayant pour degré un nombre pair donné supérieur à* $4n - 4$.

([1]) Séance du 7 décembre 1931.

On peut remarquer d'ailleurs que l'ensemble d'un point et de ses conséquents forme un système involutif.

2. Il peut arriver que le polynome $\Pi(Z, z)$ se décompose; par exemple, si l'on prend $R(z) = z^p$, on a $\Pi(z, Z) = z^{p-1} + z^{p-2}Z + \ldots + Z^{p-1}$, qui est un produit de facteurs linéaires en nombre égal au degré de Π.

Il peut arriver aussi que Π soit irréductible. Si par exemple $R(z)$, de degré n, a un zéro d'ordre $n-1$ et un zéro simple, la fonction d'automorphie présente un point critique irréductible d'ordre $n-1$, ce qui est incompatible avec une dégénérescence.

J'ai pu montrer que Π ne cesse d'être irréductible que si des égalités sont réalisées entre les paramètres arbitraires dont il dépend. J'énoncerai par exemple le type de dégénérescence suivant :

THÉORÈME III. — *Si la fraction* $R(z)$ *est de la forme* $R_2[R_1(z)]$, *où* R_2 *et* R_1 *sont deux fractions rationnelles, le polynome* $\Pi(Z, z)$ *est décomposable en produit de polynomes.*

Car les fonctions d'automorphie de R_1 sont fonctions d'automorphie de R et le polynome Π doit contenir le polynome Π_1 qui provient de R_1 comme Π provient de R.

ÉLASTICITÉ. — *Sur l'état élastique d'un corps indéfini à deux dimensions percé d'un trou circulaire.* Note (1) de M. **M. Davin**, présentée par M. E. Jouguet.

Soit dans un corps indéfini à deux dimensions un trou circulaire de rayon r de centre O. Supposons que des forces symétriques par rapport à un diamètre AB et au diamètre perpendiculaire soient appliquées sur le coutour. Soit φ l'angle polaire d'un point du contour, rapporté à AB. Chaque force appliquée se décompose en une force normale et une force tangentielle. Sur l'élément d'arc $d\varphi$ sont appliquées :

$$\frac{\pi}{2} f(\varphi)\, d\varphi = \text{composante normale} \quad \text{et} \quad \frac{\pi}{2} g(\varphi)\, d\varphi = \text{composante tangentielle}.$$

Considérons les forces appliquées sur l'élément $d\varphi$ et sur son symétrique par rapport à O. Ajoutons sur tout le contour la tension tangentielle uniforme qui équilibre le couple des composantes tangentielles. Soient ρ, θ

(1) Séance du 7 décembre 1931.

les coordonnées courantes polaires et soient N_ρ la tension normale s'exerçant dans la direction du rayon vecteur, N_T celle s'exerçant dans la direction perpendiculaire, T la tension tangentielle rapportée à ces deux directions. Déterminons les valeurs dN_ρ, dN_T, dT de ces tensions dues aux forces définies ci-dessus.

En nous inspirant d'une méthode de M. Mesnager [1] nous trouvons :

$$(1)\quad\left\{\begin{aligned} dN_\rho &= f(\varphi)\,d\varphi\left[\frac{AB^2}{D}-\frac{A'B'^2}{D'}+\frac{r}{2\rho^2}\right]+g(\varphi)\,d\varphi\frac{\rho}{r}\left[\frac{CB^2}{D}-\frac{C'B'^2}{D'}\right],\\ dN_T &= f(\varphi)\,d\varphi\left[\frac{AC^2}{D}-\frac{A'C'^2}{D'}-\frac{r}{2\rho^2}\right]+g(\varphi)\,d\varphi\frac{\rho}{r}\left[\frac{C^3}{D}-\frac{C'^3}{D'}\right],\\ dT &= f(\varphi)\,d\varphi\left[\frac{ABC}{D}+\frac{A'B'C'}{D'}\right]+g(\varphi)\,d\varphi\frac{\rho}{r}\left[\frac{C^2B}{D}+\frac{C'^2B'}{D'}-\frac{r^2}{2\rho^3}\right],\end{aligned}\right.$$

avec

$$A=\rho\cos(\theta-\varphi)-r,\qquad B=\rho-r\cos(\theta-\varphi),\qquad C=r\sin(\theta-\varphi),$$
$$A'=\rho\cos(\theta-\varphi)+r,\qquad B'=\rho+r\cos(\theta-\varphi),\qquad C'=r\sin(\theta-\varphi),$$
$$D=[r^2+\rho^2-2r\rho\cos(\theta-\varphi)]^2,\qquad D'=[r^2+\rho^2+2r\rho\cos(\theta-\varphi)]^2.$$

Les tensions tangentielles uniformes ajoutées aux forces données se détruisent par raison de symétrie. Il suffit donc pour avoir l'état de tension d'intégrer les dN_ρ, etc. ci-dessus de o à π.

Il peut y avoir intérêt à remplacer le calcul de cette intégrale par celui d'une série. Supposons $f(\varphi)$ et $g(\varphi)$ développés en série de Fourier ; par raison de symétrie :

$$f(\varphi)=\Sigma a_{2n}\cos 2n\varphi,\qquad g(\varphi)=\Sigma b_{2n}\sin 2n\varphi.$$

Le problème sera résolu si nous trouvons l'état élastique correspondant à

$$f(\varphi)=\cos 2n\varphi,\qquad g(\varphi)=0$$

et à

$$f(\varphi)=0,\qquad g(\varphi)=-\sin 2n\varphi,$$

n entier positif quelconque. Cette détermination peut se faire au moyen d'intégrales calculables; il est plus rapide d'opérer autrement.

Par une méthode calquée sur celle de la théorie des potentiels, nous

---

(1) *Annales des Ponts et Chaussées*, 4, 1901, Mémoire n° 50, p. 174. Voir aussi *Détermination expérimentale des efforts intérieurs dans les solides* (Gauthier-Villars, Paris, 1929).

obtenons les expressions de N_ρ, N_T, T sur le cercle; en faisant $r = 1$

$$N_\rho = \frac{\pi}{2} f(\theta), \qquad N_T = \frac{\pi}{2} f(\theta) - \int_0^\pi f(\varphi)\,d\varphi + \int_0^\pi \cot(\theta - \varphi) g(\varphi)\,d\varphi, \qquad T = \frac{\pi}{2} g(\theta).$$

D'autre part nous pouvons déduire des équations de l'équilibre

$$(2) \qquad \frac{\partial N_T}{\partial \theta} + 2T + \rho \frac{\partial T}{\partial \rho} = 0,$$

$$(2') \qquad - N_T + N_\rho + \rho \frac{\partial N_\rho}{\partial \rho} + \frac{\partial T}{\partial \theta} = 0,$$

et de l'équation de continuité des solides élastiques à deux dimensions :

$$(3) \qquad \Delta(N_\rho + N_T) = 0$$

les équations aux dérivées partielles suivantes qui donnent N_ρ, N_T, T en fonction de $N_\rho + N_T = S$,

$$(4) \qquad \Delta(\rho^2 N_\rho) = 2S - \rho^2 \frac{\partial^2 S}{\partial \rho^2},$$

$$(4') \qquad \Delta(\rho^2 T) = -\rho \frac{\partial^2 S}{\partial \theta\, \partial \rho} - \frac{\partial S}{\partial \theta}.$$

Puisque nous connaissons les valeurs de N_ρ, N_T, T aux limites, les équations (3), (4), (4′) nous ramènent à résoudre plusieurs fois de suite le problème de la détermination d'une fonction dont la valeur est donnée aux limites et dont le laplacien est donné.

Nous remarquons d'ailleurs qu'on a toujours

$$\Delta(\rho^m \cos n\theta) = (m^2 - n^2) \cos n\theta\, \rho^{m-2},$$
$$\Delta(\rho^m \sin n\theta) = (m^2 - n^2) \sin n\theta\, \rho^{m-2}.$$

ce qui nous permet d'arriver immédiatement à la solution suivante, en posant $\frac{r^2}{\rho^2} = X$.

Système dit normal :

$$f(\varphi) = \cos 2n\varphi, \qquad g(\varphi) = 0;$$
$$S = \pi \cos 2n\theta\, X^n;$$
$$N_\rho = \frac{\pi}{2} \cos 2n\theta [(n+1)X^n - nX^{n+1}];$$
$$N_T = \frac{\pi}{2} \cos 2n\theta [(-n+1)X^n + nX^{n+1}];$$
$$T = \frac{\pi}{2} \sin 2n\theta [nX^n - nX^{n+1}].$$

Système dit tangentiel :

$$f(\varphi)=0, \qquad g(\varphi)=-\sin 2n\varphi;$$

$$S=\pi \cos 2n\theta X^n,$$

$$N_\rho=\frac{\pi}{2}\cos 2n\theta[(n+1)X^n-(n+1)X^{n+1}];$$

$$N_T=\frac{\pi}{2}\cos 2n\theta[(-n+1)X^n+(n+1)X^{n+1}];$$

$$T=\frac{\pi}{2}\sin 2n\theta[nX^n-(n+1)X^{n+1}].$$

Ces résultats permettraient de retrouver la solution du problème élastique du corps percé d'un trou circulaire et sollicité seulement par une tension uniforme à l'infini, déjà traité par Alfons Léon.

Il reste à rechercher ce qui se passe lorsque la limite d'élasticité est dépassée.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur l'application des méthodes de M. Sundman aux problèmes de la mécanique céleste.* Note [1] de M. **D. Belorizky**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. Nous avons montré [2] que la méthode employée par M. Sundman pour intégrer les équations différentielles du mouvement dans le problème des trois corps, permet d'obtenir, en fonction d'une variable auxiliaire θ, des séries pratiquement utilisables pour Ω années sidérales au plus, si l'on ne veut pas commettre d'erreurs supérieures à 10 pour 100.

Ω est donné par la formule [3]

$$(\alpha)\quad \Omega=\frac{x_1\sqrt{\frac{3x_1}{M}}}{\frac{15}{8}\frac{M}{m}+\frac{3}{2}G^2x_1+\frac{9}{2m}G\sqrt{Mx_1}+\frac{3}{4}|K|x_1+224\sqrt{16\frac{M}{m}+3|K|x_1}},$$

où

$$(\beta)\quad G=\frac{1}{14x_1}\sqrt{\frac{9}{2m^2}(c_0^2+c_1^2+c_2^2)+\left(775+3\frac{M}{m}\right)Mx_1\left(\frac{1}{29}+\frac{M}{4m}+\frac{x_1}{16}|K|\right)};$$

(1) Séance du 7 décembre 1931.

(2) Voir *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 766.

(3) Voir K. Sundman, *Mémoire sur le problème des trois corps* (*Acta mathematica*, **36**, 1912, p. 178).

M étant la masse totale des trois corps; m la plus petite des trois masses; K la constante des forces vives; c_0, c_1, c_2 les constantes des aires;

$$x_1 = \frac{2}{87}\sqrt{m}\,\mathrm{L},$$

L étant la limite inférieure de l'expression

$$\mathrm{R} = \sqrt{\frac{r_0^2}{m_0} + \frac{r_1^2}{m_1} + \frac{r_2^2}{m_2}},$$

où r_0, r_1, r_2 sont les distances mutuelles des trois corps et m_0, m_1, m_2 leurs masses respectives.

2. On tire de la relation (β)

$$G^2 x_1 > 2,8\,\mathrm{M}.$$

Par conséquent

$$\Omega < \frac{A^{\frac{3}{2}} r_m^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{\mathrm{M}}},$$

A étant un coefficient numérique et r_m la plus grande des distances mutuelles des trois corps.

En fait on a, tous calculs effectués

$$r_m > 2370\,\mathrm{M}^{\frac{1}{3}}\Omega^{\frac{2}{3}}.$$

D'où il résulte que, si l'on veut utiliser les séries de M. Sundman pour Ω années sidérales, il faut que l'une des distances mutuelles des trois corps soit plus grande que $2370\,\mathrm{M}^{\frac{1}{3}}\Omega^{\frac{2}{3}}$ *unités astronomiques*. Ce résultat est indépendant des conditions initiales.

Pour le système solaire M est à peu près égal à un. On voit immédiatement que la méthode de Sundman n'est pas applicable. Plaçons-nous en effet dans les conditions les plus favorables et prenons, pour la plus grande des distances mutuelles des trois corps, la double de la distance de Pluton au Soleil, c'est-à-dire 80 unités astronomiques; ce qui précède montre alors que les séries ne seront utilisables que pour 43 jours au plus, en supposant toujours que l'erreur ne doit pas dépasser 10 pour 100. Ainsi les séries ne donneront le mouvement de Pluton que sur un arc inférieur à 10′.

On peut donc affirmer que, *pour le système solaire, les séries de M. Sundman ne sauraient présenter d'intérêt pratique*.

3. Passons maintenant aux systèmes stellaires, par exemple au cas des étoiles triples. Supposons qu'on veuille étudier les mouvements des

trois étoiles par la méthode de M. Sundman, dans Ω années sidérales. Soient P_0, P_1, P_2 les trois corps et $P_1P_2 = r_0$, $P_2P_0 = r_1$, $P_0P_1 = r_2$. Posons $r_0 > r_1 > r_2$. Alors il faut que r_0 soit plus grand que $2370 M^{\frac{1}{3}} \Omega^{\frac{2}{3}}$ et $r_1 > \frac{r_0}{2}$. Soient ξ, η, ζ les coordonnées du corps P_2 par rapport au centre de gravité de P_0 et P_1. On trouve que

$$\left|\frac{d^2\xi}{dt^2}\right|, \quad \left|\frac{d^2\eta}{dt^2}\right|, \quad \text{et} \quad \left|\frac{d^2\zeta}{dt^2}\right| < \frac{M^{\frac{1}{3}}}{\Omega^{\frac{4}{3}}} \times 9 \times 10^{-7}$$

l'accélération de la Terre dans son mouvement par rapport au Soleil étant égale à *un*.

Il en résulte que le vecteur déviation, vu de la Terre, sera sûrement plus petit que $0,1'' \times 10^{-7} \Omega^{\frac{1}{3}}$ dans Ω années. Ainsi le mouvement de l'étoile P_2 nous apparaîtra comme rigoureusement uniforme et elle ne nous semblera pas différer des autres étoiles du Ciel. D'autre part les perturbations que pourra produire le corps P_2 sur le mouvement relatif de P_1 par rapport à P_0 (ou vice versa) seront toujours plus petites que celles du mouvement de Saturne par la Terre. Vu la distance de la Terre aux étoiles, ces perturbations seront donc imperceptibles et si P_1 et P_0 sont suffisamment rapprochés, leur mouvement relatif se confondra pour nous avec celui d'un système binaire.

La méthode de Sundman n'est donc pas applicable non plus à l'étude des étoiles triples.

Nous pouvons donc affirmer que la solution générale du problème des trois corps, si longtemps cherchée par tant de grands mathématiciens et enfin donnée par M. Sundman, n'est pas, malgré sa grande beauté analytique, applicable aux problèmes concrets de la Mécanique céleste.

MAGNÉTISME. — *Préparation de deux types de solutions aqueuses de sel cobalteux. Étude de leur état magnétique en fonction de la dilution.* Note (1) de M. **A. Lallemand**, transmise par M. Pierre Weiss.

Les travaux de Trümpler (2) établissent l'existence pour les sels (chlorure, nitrate, sulfate) cobalteux de deux types de solutions. Le premier, le plus

---

(1) Séance du 7 décembre 1931.

(2) Trümpler, *Thèse*, Zurich, 1917.

fréquemment rencontré par d'autres auteurs, est caractérisé par l'invariabilité de la susceptibilité magnétique de l'ion cobalt quelle que soit la dilution; c'est l'état constant. Le second, dit variable, est caractérisé par une augmentation de la susceptibilité avec la dilution, avec un maximum aigu pour une concentration de $0^g,01$ à $0^g,02$ de sel par gramme de solution, puis la susceptibilité décroît rapidement si la concentration diminue. Jusqu'ici ces deux états étaient signalés sans que l'on puisse préciser leur mode de formation

Préparation. — J'ai pu préparer à volonté l'état constant ou l'état variable; mes expériences ont porté sur le chlorure de cobalt $CoCl^2 6H^2O$ présentant les garanties de pureté désirables.

La solution à état constant se prépare en ayant soin d'éviter, lors de la dissolution, que le cristal se trouve en présence de solution concentrée, il faut agiter pendant tout le temps de la dissolution.

La solution à état variable s'obtient en préparant directement les solutions très fortement concentrées. On peut obtenir une solution diluée, du type variable, en une seule opération en laissant dissoudre les cristaux sans agiter de manière qu'au moment de sa formation la solution soit concentrée et se dilue ensuite par diffusion.

Étude thermique. — Chatillon [1] a montré que dans l'état constant il s'agissait d'un paramagnétisme à champ moléculaire dont le point de Curie est indépendant de la concentration, le moment magnétique étant égal à 25 magnétons de Weiss.

La variation thermique de la susceptibilité pour trois solutions du type état variable et à diverses concentrations a donné pour moment magnétique :

Moment	24,98	25,09	24,90
Concentration	0,325	0,110	0,017

Le tableau suivant donne le point de Curie en fonction de la concentration :

Concentration	0,072	0,046	0,034	0,022	0,0125
Point de Curie	−18°	−17°	−16°,1	−12°,5	−7°,1

C'est la première fois que l'on rencontre en solution aqueuse un champ moléculaire fonction de la dilution.

Dans cette série d'expériences nous n'avons pu préciser l'état magnétique

[1] CHATILLON, *Annales de Physique*, 10e série, 9, 1928, p. 187.

des solutions correspondant aux susceptibilités décroissantes; la sensibilité de l'appareil étant trop faible.

On peut donc considérer que l'augmentation de la susceptibilité magnétique de l'ion cobalteux en solution dans l'eau, lorsque la dilution augmente, est due à la diminution du champ moléculaire, le moment magnétique étant constant et égal à 25 magnétons de Weiss.

MAGNÉTISME. — *Propriétés magnétiques du fer au-dessus du point de Curie.* Note (1) de M. **L. Néel**, transmise par M. Pierre Weiss.

Au-dessus du point de Curie, à 770° environ, le fer devient paramagnétique. Curie (2), Weiss et Foëx (3) Preuss (4), Terry (5) et d'autres ont étudié la variation de la susceptibilité en fonction de la température, mais l'intervalle des mesures est trop restreint pour en tirer des conclusions définitives. En effet, à 900° le fer subit la transformation β-γ; il passe du réseau du cube centré au réseau du cube à faces centrées. A 1350°, se produit la transformation γ-δ qui est exactement l'inverse de la précédente, de sorte que le fer δ possède la même structure cristallographique que le fer β (6). Un certain nombre de métaux, parmi lesquels l'étain (7) et le silicium (8), quand on les ajoute au fer avec lequel ils donnent des solutions solides élèvent le point de transformation β-γ et abaissent le point de transformation γ-δ. Lorsque la quantité du métal introduit est assez grande, la phase γ disparaît, et la solution solide ainsi obtenue reste dans le même état cristallographique depuis les basses températures jusqu'à la fusion. M. Weiss a fait remarquer que, si l'on connaissait les propriétés magnétiques des solutions solides répondant à cette condition, on pourrait, par extrapolation, obtenir celles du fer pur à l'état β pour un intervalle de température où normalement il est à l'état γ.

(1) Séance du 7 décembre 1931.

(2) *Œuvres*, publiées par la Société française de Physique, 1908.

(3) *J. de Physique*, 1, 1911, p. 275, 285 et 744.

(4) *Thèse*, Zurich, 1912.

(5) *Phys. Rev.*, 9, 1917, p. 394.

(6) Westgren et Phragmen, *J. of Iron and Steel Inst.*, 105, 1922, p. 241.

(7) Wewer et Reinecken, *Mitteilungen aus dem Kaiser Wilhem Institute für Eisenforschung*, 7, 1925, p. 69.

(8) Wewer et Giani, *ibid.*, 7, 1925, p. 59.

J'ai déterminé ainsi la constante de Curie et le point de Curie paramagnétique encore mal connus du fer β. Les mesures ont porté sur deux séries d'alliages, fer-étain et fer-silicium, entre 800° et 1100°. Pour toutes ces substances, au voisinage du point de Curie ferromagnétique θ_f, l'inverse $\frac{1}{\chi}$ de la susceptibilité massique varie en fonction de la température suivant une courbe qui tourne sa convexité vers l'axe des températures. A partir de 950° seulement, on obtient une partie exactement rectiligne représentable par la formule $C = \chi(T - \theta_p)$, ce qui permet de définir la constante de Curie C et le point de Curie paramagnétique θ_p (¹). Les sept premières lignes du tableau suivant, donnent les valeurs observées de θ_f, θ_p et C, cette dernière rapportée à l'unité de masse de l'alliage.

Alliages.	Fer pour 100.	θ_f.	θ_p.	$C \times 10^5$.
		°	°	
Fer-étain 1	95,23	768,1	810,5	2228
» 2	92,35	799,4	811	2216
» 3	87,95	767,5	806	2191
» 4	87,21	764,2	806,5	2183
Fer-silicium 1	97,04	749,8	798	2129
» 2	93,59	701,6	758	2033
» 3	89,72	»	703	1881
Fer extrapolé	100,00	772	815	2256

Les valeurs extrapolées vers le fer pur sont concordantes pour les deux séries d'alliages et ont été reportées dans la dernière ligne du tableau précédent. J'ai obtenu le point de Curie ferromagnétique du fer à 772° en bon accord avec les déterminations antérieures. Pour le point de Curie paramagnétique la nouvelle valeur est 815°, et pour la constante de Curie 0,02256. Si la théorie de Langevin-Weiss est applicable, cette valeur correspond à 15,79 magnétons de Weiss (1 magnéton = 1125,6 c. g. s.). Il existe donc une différence de 4,79 magnétons entre le fer à basse température et le fer à haute température. Ces propriétés sont à rapprocher des propriétés correspondantes du nickel qui fournit dans les mêmes conditions respectivement 3 et 8 magnétons, soit une différence de 5 magnétons entre les deux états.

(¹) Cf. Forrer, *J. de Physique*, 1, 1930, p. 49.

MAGNÉTISME. — *Le moment magnétique du cobalt tétravalent.* Note [1] de Mlle **A. Serres**, transmise par M. Pierre Weiss.

I. J'ai fait une étude thermomagnétique d'un composé du cobalt contenant cet élément à l'état d'ion tétravalent Co''''. Ce corps, un cobaltite de magnésium de formule CoO^2, MgO, avait été préparé au four électrique par E. Dufau [2] au laboratoire de Moissan et m'a été obligeamment envoyé par M. P. Pascal. Ce produit se présentait sous la forme d'une masse cristalline d'un rouge grenat foncé.

Le cobalt a pour nombre atomique : 27; l'ion cobalt tétravalent a donc le nombre atomique effectif : 23, qui est aussi celui du fer trivalent et du manganèse divalent. On sait que le moment dominant de ces deux derniers ions est $n = 29$ magnétons, tandis que le moment dominant de l'ion Co'' est de 25 magnétons.

J'ai trouvé que dans le cobaltite CoO^2, MgO, le cobalt possède le moment 20 magnétons, comme Fe''' et Mn'', de même nombre atomique effectif.

II. La variation de la susceptibilité magnétique entre — 180° C. et + 550° C. a été étudiée par la méthode et avec l'appareil m'ayant servi à l'étude des sels de chrome et des ferrites [3].

Les résultats des mesures sont résumés dans le tableau suivant :

t.	T.	$\chi_m \cdot 10^6$.	$1/\chi_m$.	θ_p.	$\chi_m(T+164,5)$.	c_m.	n.
−182,7	90,4	9806	101,98				
− 78,6	194,5	10453	95,67				
16,0	289,1	9065	110,31				
26,9	300,0	8894	112,43				
63,0	336,1	8353	119,72	courbure	–	–	–
94,8	367,9	7911	126,4				
124,6	397,7	7519	133,0				
156,2	429,3	7132	140,2				
186,5	459,6	6810	146,8				
233,0	506,1	6355	157,3		4,262		
303,5	576,6	5763	173,5		4,271		
404,3	677,4	5058	197,7	−164°,5 K	4,258	4,261	28,97
449,5	722,6	4802	208,2		4,260		
549,4	822,5	4315	231,7		4,259		

(1) Séance du 7 décembre 1931.

(2) E. Dufau, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, 12, 1897, p. 257.

(3) Mlle A. Serres, *Thèse*, Strasbourg, 1931.

La variation de $1/\chi$ en fonction de la température est linéaire seulement au-dessus de 230° C. Le point de Curie est très fortement négatif :

$$\theta_p = -164°,5 \text{ K}.$$

La substance présente des propriétés cryomagnétiques très marquées, dans un intervalle de température exceptionnellement étendu.

La constante de Curie est déterminée par la portion rectiligne de la courbe entre 230° et 550° C. avec une précision de 2 pour 1000. La précision sur le dosage est un peu moindre (analyse de E. Dufau, *loc. cit.*); mais cependant elle permet d'affirmer que le moment du cobalt Co'''' dans ce cobaltite est égal à $29,0 \pm 0.1$ magnétons expérimentaux.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une transformation allotropique du baryum à l'état solide*. Note de M. **E. Rinck**, présentée par M. G. Urbain.

Le calcium existant sous deux formes allotropiques ([1]), on peut prévoir qu'il en est de même pour les métaux les plus voisins, le strontium et le baryum. Une étude du baryum à ce sujet fut couronnée de succès.

A. *Préparation du baryum pur.* — 200^g de ce métal sont préparés par le procédé Guntz. Pour l'obtenir à l'état de grande pureté, le produit est soumis à une double distillation fractionnée dans le vide. Sur les indications de M. Guntz nous avons voulu conserver le distillat dans une atmosphère de gaz carbonique sec. Or nous avons constaté que le baryum très pur réagit violemment avec ce gaz. La réaction se passant à la surface, les produits formés évitent une action plus profonde. Nous en avons conclu que le baryum distillé ne peut se manipuler que dans l'argon pur.

B. *Point de fusion du baryum pur.* — Les considérations précédentes nous ont fait penser que le point de fusion du baryum vraiment pur doit différer notablement des valeurs connues. Guntz indique 850°C., tandis qu'un travail récent de Hartmann et May ([2]) le fixe à 658°C. Le métal mis en expérience par ces auteurs titrait 0,6 pour 100 d'azote, ce qui correspond à 10 pour 100 de N^2Ba^3. Il était donc très impur.

Par un dispositif spécial nous avons réussi à manipuler du baryum distillé sans qu'il sorte d'une atmosphère d'argon pur. Placé dans l'appareil de mesure décrit dans une Note précédente ([1]), nous avons déterminé son point de fusion par de nombreux enregistrements graphiques. On trouve :

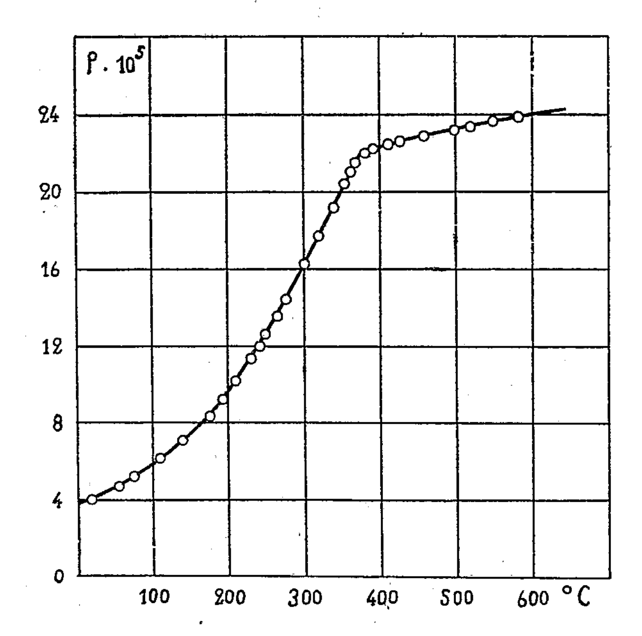
Point de fusion du baryum pur $= 710 \pm 2$°C.

([1]) Rinck, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 421.

([2]) Hartmann et May, *Z. anorg. Ch.*, 185, 1929, p. 167.

Quelques courbes de refroidissement présentent un palier minuscule aux environs de 370°C. Il correspond à la transformation cherchée.

C. *Résistivité électrique.* — Les résultats précédents pouvant être considérés comme insuffisants, nous avons mesuré la résistance spécifique du baryum en fonction de la température. Un cylindre de ce métal fut préparé par coulée dans un tube d'acier décarburé. Le fer étant enlevé au tour, on obtenait un cylindre d'une longueur de 10^{cm} et d'un diamètre de $1^{cm},215$. Malheureusement il présentait une fente assez profonde le long d'une génératrice. La régularité de la fente permettait de mesurer sa section. On pouvait alors évaluer la section utile du cylindre à $1^{cm^2},10$ à $\frac{4}{100}$ près. Dans ces conditions nous avons déterminé la résistance de la baguette comme nous l'avons fait pour le calcium. On constate que la courbe résistivité-température présente une discontinuité dans la direction de sa tangente à 375°C.



Des mesures de pentes sur cette courbe nous donnent :

$$\frac{d\rho}{dT} \text{ baryum } \alpha = 8,0 \,.10^{-7} \text{ à } 370^\circ\text{C.},$$

$$\frac{d\rho}{dT} \text{ baryum } \beta = 1,18.10^{-7} \text{ à } 380^\circ\text{C.}$$

A température ordinaire les constantes électriques du baryum sont les suivantes :

$$\frac{1}{\rho} \text{ à } 0^{\circ}\text{C.} = 0,28.10^{5} \text{ à } \frac{5}{100} \text{ près.}$$

$$\frac{1}{\rho} \text{ à } 18^{\circ}\text{C.} = 0,25.10^{5} \quad »$$

$$\alpha_{0,100} = \frac{1}{R_0}\,\frac{R_{100} - R_0}{100} = 0,0061.$$

Pour vérifier l'homogénéité du cylindre nous l'avons coupé en plusieurs morceaux. Des mesures de densité dans l'essence de pétrole nous ont montré qu'il ne présentait pas de cavités.

On trouve pour la densité du baryum coulé :

$$d(\text{Ba})^{17^{\circ},2}_{4^{\circ}} = 3,740 \text{ à } \frac{1}{500} \text{ près.}$$

En résumé, cette étude a mis en évidence l'existence de deux variétés allotropiques du baryum :

L'une, la forme α, est stable au-dessous de 375° C. ;

L'autre, la forme β, est stable entre 375 et 710° C., point de fusion du baryum pur. Ces résultats concordent avec ceux trouvés pour le calcium. En effet, on a :

$$\frac{\text{température de transformation (°K.)}}{\text{température de fusion (°K.)}} = 0,645 \text{ pour le calcium, } 0,66 \text{ pour le baryum.}$$

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude du système eau, alcool éthylique, acide acétique, acétate d'éthyle.* Note (¹) de M. **Mion**, présentée par M. G. Urbain.

Nous nous proposons d'étudier la distillation des mélanges d'eau, d'alcool éthylique, d'acide acétique et d'acétate d'éthyle.

Il nous a paru nécessaire de déterminer la miscibilité de ces quatre corps. Nous avons employé la méthode classique du point de louche. Les miscibilités ont été déterminées à 0°, à 15° et à 30°. Nous n'avons pas opéré à température plus élevée, car pour les mélanges renfermant une quantité assez grande à la fois d'eau et d'acide, on constate, dès la température ordinaire, une saponification très marquée (abaissement du point de louche avec le temps).

(¹) Séance du 16 novembre 1931.

Nos résultats sont donc approchés, plutôt par excès, et nous nous sommes attaché à opérer le plus rapidement possible.

L'acide acétique dont nous nous sommes servi a été purifié par distillation, puis cristallisation fractionnée jusqu'à point de fusion constant. Le point d'ébullition, 76°,9-77°,1, de l'acétate d'éthyle et sa densité à 0°, $d_0^4 = 0,9244$, sont en bon accord avec les constantes données par le Bureau international d'étalons physico-chimiques ([1]). On notera que les indications 0°, 15°, 30° s'appliquent à la totalité des tableaux.

Système eau-alcool éthylique-acétate d'éthyle (pour 100 en poids).

0°.			15°.			30°.		
Eau.	Alcool.	Acétate.	Eau.	Alcool.	Acétate.	Eau.	Alcool.	Acétate.
90	0	10	91,7	0	8,3	92,9	0	7,1
84,39	6,94	8,67	84,53	6,95	8,52	84,61	6,96	8,43
77,2	13,45	9,35	75,55	13,35	10,10	75,70	13,20	11,10
71,88	17,52	10,60	70,40	17,15	12,45	68,00	16,60	15,40
63,87	21,13	15,00	60,36	19,44	20,20	56,20	18,60	25,20
48,50	23,80	27,70	43,30	21,20	35,50	39,45	19,35	41,20
28,00	21,60	50,40	32,50	20,30	47,20	36,2	19,15	44,65
17,70	17,64	64,66	19,85	17,20	62,95	21,75	16,77	61,48
7,20	8,75	84,05	8,20	8,65	83,15	9,20	8,56	82,24
2,26	0	97,74	2,82	0	97,18	3,42	0	96,48

Système eau-acide acétique-acétate d'éthyle (pour 100 en poids).

0°.			15°.			30°.		
Eau.	Acide.	Acétate.	Eau.	Acide.	Acétate.	Eau.	Acide.	Acétate.
90	0	10	91,7	0	8,3	92,90	0	7,1
79,8	9,10	11,10	80,54	9,20	10,26	81,15	9,25	9,60
73,4	13,70	12,90	74,00	13,80	12,20	74,34	13,86	11,80
67,3	17,10	15,60	67,50	17,15	15,35	67,70	17,20	15,10
58,95	20,20	20,85	58,12	20,13	21,15	58,30	20,00	21,7
50,90	21,85	27,25	50,20	21,60	28,20	49,40	21,20	29,40
47,50	22,25	30,25	48,90	21,70	29,40	50,40	21,00	28,60
29,70	22,40	47,90	31,20	21,90	46,90	32,9	21,40	45,70
15,70	17,50	66,80	16,80	17,30	65,90	17,88	17,05	65,07
7,75	8,98	83,47	8,15	8,95	82,90	8,80	8,85	82,35
2,26	0	97,74	2,82	0	97,18	3,42	0	96,48

(1) ZIMMERMANS et Mme HENNAUT-ROLAND, *Journal de Chimie physique*, 27, 1930, p. 401.

Système quaternaire.

Eau.	Alcool.	Acide.	Acétate.	Eau.	Alcool.	Acide.	Acétate.	Eau.	Alcool.	Acide.	Acétate.
1° Mélange acide et acétate, 10,21 pour 100 acide.											
80,3	9,4	1,0	9,3	80,1	9,3	1,1	9,5	79,85	9,25	1,15	9,75
75,1	13,9	1,1	9,9	73,4	13,6	1,3	11,7	72,0	13,30	1,5	13,2
68,4	17,9	1,4	12,3	66,3	17,2	1,7	14,8	63,2	16,4	2,1	18,3
59,5	20,3	2,1	18,1	53,3	18,2	2,9	25,6	48,1	16,4	3,6	31,9
47,6	20,4	3,3	28,7	40,3	17,3	4,3	38,1	35,7	15,3	5,0	44,0
33,5	18,8	4,9	42,8	–	–	–	–	–	–	–	–
10,2	4,4	8,8	76,7	11,8	5,0	8,5	74,7	13,65	5,85	8,3	72,2
9,1	2,3	9,1	79,5	10,0	2,6	9,0	78,4	11,4	3,0	8,8	76,8
8,4	1,0	9,3	81,3	8,95	1,05	9,25	80,75	9,85	1,15	9,1	79,9
2° Mélange acide et acétate, 21,6 pour 100 acide.											
78,6	9,0	2,7	9,7	78,3	9,0	2,75	9,95	78,05	8,95	2,8	10,2
72,0	13,5	2,1	12,4	70	13,1	3,65	13,25	66,9	12,6	4,4	16,1
66,05	16,15	3,8	14,0	60,25	14,85	5,4	19,5	51,3	12,5	7,8	28,4
55,1	16,9	6,05	21,95	–	–	–	–	–	–	–	–
24,2	7,4	14,8	53,6	–	–	–	–	–	–	–	–
21,3	5,20	15,9	57,6	24,4	6,0	15,0	54,6	28,7	7,0	13,9	50,4
18,95	3,55	16,7	60,8	22,2	4,2	15,9	57,7	24,7	4,6	15,3	55,4
18,2	2,1	17,2	62,5	19,6	2,2	16,9	61,3	20,5	2,35	16,65	60,5
3° Mélange acide et acétate, 28,2 pour 100 acide.											
77,0	8,5	4,1	10,4	76,6	8,5	4,2	10,7	75,95	8,4	4,4	11,25
71,2	12,4	4,6	11,8	67,9	11,9	5,7	14,5	63,00	11,0	7,3	18,70
64,3	14,3	6,0	15,4	–	–	–	–	–	–	–	–
38,3	8,5	15,0	38,2	–	–	–	–	–	–	–	–
31,7	5,5	17,7	45,1	38,0	6,6	15,7	39,7	44,6	7,8	13,4	34,2
27,7	3,1	19,5	49,7	21,9	3,3	18,8	48,0	33,4	3,7	17,7	45,2
4° Mélange acide acétate, 40,26 pour 100 acide.											
77,8	4,4	7,2	10,6	78,0	4,4	7,10	10,5	78,2	4,4	7,0	10,4
74,9	5,5	7,9	11,7	74,6	5,5	8,00	11,9	74,2	5,5	8,2	12,1
69,8	7,8	9,0	13,4	61,7	6,9	12,60	18,8	–	–	–	–
56,05	6,25	15,2	22,5	–	–	–	–	–	–	–	–
51,1	3,8	18,2	26,9	53,4	3,9	17,3	25,4	56,7	4,2	15,7	23,4
49,2	2,8	19,3	28,7	51,3	2,9	18,4	27,4	53,3	3,0	17,6	26,1

Ces données ont permis de construire des courbes. Une première figure représente les courbes de miscibilité à 0° et à 30° des deux systèmes ternaires eau, acétate, alcool et eau, acétate, acide, les deux faces correspondantes

du tétraèdre de référence étant rabattues sur le plan de la figure. Une seconde figure donne les sections de la nappe de miscibilité à 0° par des plans passant par l'arête eau-alcool du tétraèdre et un point de l'arête acide-acétate correspondant à la valeur du rapport $\frac{\text{acide}}{\text{acétate}}$ dans les mélanges considérés.

Nous avons retrouvé, pour la solubilité de l'acétate d'éthyle dans l'eau, les valeurs données par Wade et Merrimann [1].

CHIMIE PHYSIQUE. — *Effet Raman et chimie; les liaisons alléniques.* Note [2] de MM. **M. Bourguel** et **L. Piaux**, présentée par M. G. Urbain.

On pouvait penser *a priori* que l'allène et les composés alléniques représentés dans nos formules actuelles par le schéma —C=C=C— donneraient des spectres Raman présentant une ou plusieurs raies caractéristiques des liaisons éthyléniques.

On sait en effet que le spectre Raman de tous les composés mono ou polyéthyléniques *sans exception* présente une ou plusieurs raies *fortes* de fréquence voisine de 1620; il en est de même du noyau benzénique où les doubles liaisons du schéma de Kékulé ont pourtant des propriétés chimiques si différentes de celles des doubles liaisons ordinaires.

Nous avons examiné l'allène, le propylallène, le butylallène, le diméthyl-1.1-allène.

L'allène, préparé à partir d'un tétrabromure d'allène purifié par distillation et dont la pureté a été contrôlée par le point de fusion, a été liquéfié une première fois, puis a subi un fractionnement avant d'être liquéfié à nouveau dans le tube à observation. Le spectre a été pris sur le gaz liquéfié en tube scellé à 18°. Il se compose :

a. Dans la région des liaisons C—C : 1° d'une raie très forte à $1074 \pm 1,5$; 2° d'une bande floue et faible à 1440, bande qui accompagne toujours les corps ayant des CH^2;

b. Dans la région des liaisons C—H : 1° d'une raie très forte à $3000 \pm 1,5$; 2° d'une bande floue et faible à 3073.

Le spectre de l'allène ne présente donc aucune raie dans la région éthylénique. La fréquence 1074 en est même très éloignée; elle l'est d'ailleurs encore plus de la région acétylénique (1950 pour l'acétylène, 2120 pour les

(1) Wade et Merrimann, *Journal of the Chemical Society*, 101, 1912, p. 2433.

(2) Séance du 30 novembre 1931.

acétyléniques vrais, 2250 pour les bisubstitués). Elle se rapproche au contraire de la région des fréquences correspondant aux composés saturés (fréquence principale de l'éthane : 990; du propane : 870).

Le propylallène et le butylallène sont malheureusement moins purs que l'allène. On sait combien la préparation de ces corps est délicate; nous avons choisi la méthode de M. Bouis ([1]) qui nous paraît la meilleure, mais les carbures obtenus distillent malgré tout sur 3 ou 4 degrés. Il en résulte que leurs spectres présentent des raies éthyléniques, mais elles sont faibles ou très faibles alors que la raie éthylénique d'un carbure aliphatique est toujours la plus forte du spectre; d'autre part leur intensité varie avec les fractions. Nous considérons donc que ces raies faibles appartiennent aux impuretés éthyléniques ou érythréniques évidentes d'après le mode de préparation.

Si nous ne nous intéressons qu'aux raies fortes, nous retrouverons immédiatement les raies de l'allène :

a. La raie 1074 devient un doublet de deux raies fortes à 1096 et 1129 dans le propylallène, à 1102 et 1131 dans le butylallène. Nous retrouvons ici la loi énoncée à propos des acétyléniques, des éthyléniques, des cyclopropaniques ([2]) : *le remplacement d'un hydrogène par un radical alcoolique augmente la fréquence;* et comme les deux liaisons du groupement fonctionnel allénique ne sont plus identiques, la raie simple de l'allène devient un doublet.

b. Les raies 3000 et 3074 se retrouvent très légèrement déplacées à 2992 et 3062 dans les deux carbures; 3062 devenant presque aussi forte que 2992.

Le diméthyl-1.1-allène est encore moins pur. Nous l'avons préparé de plusieurs façons et l'analyse Raman nous a toujours révélé la présence d'isoprène et de traces de triméthyléthylène ; mais nous avons eu finalement une préparation où ces impuretés n'étaient plus qu'en faible proportion. Leur disparition progressive nous permet de faire facilement le départ entre les raies du diméthylallène et celles des carbures parasites et nous pouvons, ainsi, affirmer que le diméthylallène n'a pas de raies vers 1600. Celles des liaisons —C—C— sont toutes inférieures à 1470 ; une raie forte à 1286 semble correspondre à 1074 de l'allène. Dans la région

---

([1]) Bouis, *Annales de Chimie*, 10e série, 9, 1928, p. 402.

([2]) Bourguel et Daure, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1298; Bourguel, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 934 ; Lespieau, Bourguel, Wakeman, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1087.

C—H on trouve deux raies fortes, 2987 et 3053 analogues à celles des composés précédents.

L'effet Raman est donc nettement en désaccord avec nos formules; les liaisons alléniques ne sont pas du type éthylénique, elles sont encore moins du type acétylénique. Il faut donc rejeter notre mode de représentation habituel.

Faut-il admettre l'existence d'un quatrième mode de liaison entre atomes de carbone? Faut-il au contraire se servir de liaisons du type de celles des composés saturés et admettre que tous les carbones ne sont pas tétravalents? On ne saurait le dire dans l'état de nos connaissances sur la valence.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de l'état de surface sur la corrosion des aciers inoxydables.* Note (¹) de M. **Jean Cournot**, présentée par M. Léon Guillet.

Poursuivant la direction des travaux effectués sur la corrosion, j'ai essayé de préciser l'influence de l'état de surface sur l'altération des aciers inoxydables, en continuant à étudier, simultanément, la valeur relative des trois méthodes unifiées d'essais activés à la corrosion.

Les essais ont été effectués sur les aciers numérotés 1, 5 et 10 dans mes recherches précédentes (²) : 1 et 5 sont des aciers à 18 pour 100 Cr et 8 pour 100 Ni, le premier donnant une attaque généralisée des plus légères sans piqûres, le second se corrodant au contraire par piqûres profondes, en plus d'une attaque généralisée peu importante; l'acier 10 est à 13 pour 100 Cr sans Ni et présente une attaque généralisée très active avec piqûres faibles.

Les états de surface ont été les suivants : 1° état brut de livraison; 2° sablage au grain 40; 3° décapage de 30 minutes dans une solution aqueuse d'acide nitrique à 10 pour 100; 4° polissage à l'émeri 00; 5° polissage à l'émeri 000.

Les essais ont été entrepris par les trois méthodes normalisées, avec eau de mer artificielle; les temps d'attaque ont été : 20 jours pour le brouillard et pour les immersions et émersions alternées; 2 jours pour l'essai au perhydrol.

Les déterminations ont porté sur : aspect, perte de poids, diminution pour 100 de la charge et de la flèche de rupture à l'emboutissage; chaque genre d'essai a été effectué en double sur éprouvette de 90×90^{mm}; le tableau donne les moyennes des résultats obtenus.

(¹) Séance du 7 décembre 1931.

(²) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1091.

Influence de l'état de surface sur la corrosion des aciers inoxydables.

Acier essayé.		Perte de poids en mg/dm².			Abaissement pour 100 de la charge de rupture à l'emboutissage.			Abaissement pour 100 de la flèche de rupture à l'emboutissage.		
No.	État de surface.	Immersions alternées 20 jours.	Brouillard 20 jours.	Essai au perhydrol 2 jours.	Immersions alternées 20 jours.	Brouillard 20 jours.	Essai au perhydrol 2 jours.	Immersions alternées 20 jours.	Brouillard 20 jours.	Essai au perhydrol 2 jours.
1.	Brut de livraison......	25,5	81,0	44,5	0,8	4,0	4,9	2,0	2,7	3,2
	Sablé (grain 40)......	18,5	34.5	42,5	1,6	4,9	4,0	2,7	2,5	3,4
	Décapé 30 min. solution nitrique 10 pour 100.	17,0	44,0	33,0	2,5	4,0	4,0	3,7	3,0	3,4
	Poli émeri 00........	8,5	24,0	17,5	0,8	1,6	0,8	1,0	2,0	1,7
	Poli émeri 000.......	1,5	15,5	10,5	0	0	0	0,2	1,2	0,7
5.	Brut de livraison......	62,0	118,5	131,0	8,3	11,7	17,4	2,1	3,2	3,2
	Sablé (grain 40)......	29,0	48,0	69,0	17,0	20,4	18,5	5,8	6,1	6,4
	Décapé 30 min. solution nitrique 10 pour 100.	44,0	58,5	61,0	12,1	20,2	16,6	4,0	8,7	6,1
	Poli émeri 00........	22,0	29,5	18,5	6,1	13,6	7,6	2,9	4,8	4,8
	Poli émeri 000.......	12,5	17,5	10,5	4,5	7,6	6,1	2,7	3,4	2,9
10.	Brut de livraison......	1940	1126	1355	20,0	10,5	8,0	18,9	14,3	8,9
	Sablé (grain 40)......	877	900	1090	23,0	28,0	13,0	19,4	22,8	13,9
	Décapé 30 min. solution nitrique 10 pour 100.	456	601	668	16,0	18,0	25,7	14,4	16,1	13,9
	Poli émeri 00........	357	290	438	14,0	14,0	6,5	7,2	9,4	8,9
	Poli émeri 000.......	249	165	238	14,0	6,0	6,0	8,3	8,3	8,3

Ces résultats peuvent être résumés comme suit : l'influence de l'état de surface est particulièrement accentué sur les aciers inoxydables ; il est indispensable, pour obtenir la résistance optima, de réaliser un poli extrêmement poussé avec un émeri très fin.

Le sablage, même avec un grain fin, donne des résultats réguliers, mais peu satisfaisants ; le décapage chimique n'est pas non plus à recommander ; de plus, il donne des résultats très irréguliers, fonctions de l'état de surface initial et des états structuraux du métal.

Au point de vue modes d'appréciation de la corrosion, j'ai confirmé ici que la perte de poids met surtout en vue les corrosions généralisées, les caractéristiques mécaniques accusant, au contraire, l'effet des attaques locales ; la mesure de la charge de rupture à l'emboutissage est plus sensible que celui de la flèche.

Au point de vue méthodes d'essais, les mêmes conclusions ont été retrouvées (1).

Il y a lieu de remarquer l'excellente stabilité des résultats pour les aciers inoxydables de bonne qualité, comme l'acier 1, après polissage accentué.

COLLOÏDES. — *Précipitations stratifiées en spirales.* Note (2) de Mlle SUZANNE VEIL, présentée par M. G. Urbain.

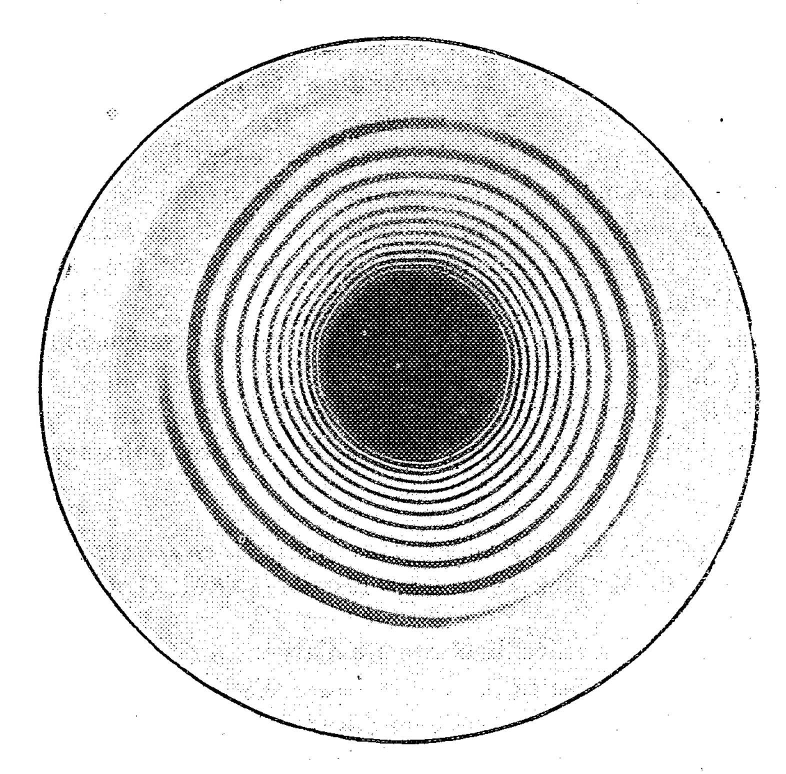
La précipitation stratifiée du chromate d'argent au sein de la gélatine, à partir d'un bichromate alcalin et du nitrate d'argent, est susceptible de fournir des configurations autres que des strates circulaires, ou anneaux proprement dits. Il advient, plus exceptionnellement, qu'on obtienne des strates spiralées, enroulées autour des gouttes de réactif, les gouttes comportant ainsi un ou plusieurs points d'amorce visibles, selon qu'elles donnent lieu à des spirales simples ou à des spirales multiples.

La loi spatiale, valable pour les anneaux circulaires (3), peut alors s'écarter des faits, traduits plus fidèlement, en particulier dans le cas des spirales simples, par une loi de croissance d'allure exponentielle ; en sorte que sensiblement, sur un même rayon vecteur issu du centre de la goutte, les numéros d'ordre des strates rencontrées varient linéairement, non plus avec les racines carrées, mais avec les logarithmes des écarts.

(1) *Loc. cit.*
(2) Séance du 23 novembre 1931.
(3) SUZANNE VEIL, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 611.

L'éventualité de précipitations stratifiées en spirales avait déjà été signalée en diverses circonstances, et pour diverses substances, notamment par Liesegang (1) et par Schikorr (2).

La figure est la reproduction photographique agrandie d'une spirale



simple obtenue, dans la gélatine, à partir de bichromate d'ammonium et de nitrate d'argent. En suivant la spirale dès son départ visible de la goutte, on voit le trait de chromate d'argent accuser un élargissement progressif sensible. Le fait rappelle de très près un caractère observé dans la nature, en particulier à propos de la coquille de certains mollusques.

D'un point de vue différent, l'étude microphotométrique a montré que les strates, successivement rencontrées par un rayon vecteur donné, présentent une opacité peu variable, constamment de l'ordre de l'opacité propre de la goutte, comme dans le cas des anneaux fermés sur eux-mêmes.

La forme et les divers caractères des figures de précipitation du chromate

(1) Liesegang, *Z. physik. Chem.*, 88, 1914, p. 1; *Naturwiss.*, 18, 1930, p. 645.

(2) Schikorr, *Naturwiss.*, 18, 1930, p. 376.

d'argent, au sein de la gélatine, paraissent d'ailleurs régies par un grand nombre de facteurs, et il est difficile de les prévoir *a priori*. Il advient qu'on réalise, dans des conditions expérimentales en apparence très voisines, soit des anneaux fermés, soit des spirales simples ou multiples, soit encore des structures mal définies, ramifiées, constituées d'arcs plus ou moins raccordés, et vraisemblablement intermédiaires entre ces différentes alternatives.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur la naissance de l'onde explosive dans le fulminate de mercure.* Note [1] de MM. M. Patry et P. Laffitte, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons montré [2] que, lorsqu'on enflamme à l'air libre du fulminate de mercure à l'aide d'un cordeau Bickford, on peut avoir une déflagration (au lieu d'une détonation) lorsque la section de l'explosif est suffisamment faible. En renouvelant ces expériences avec des traînées de fulminate de sections plus grandes nous avons observé que la combustion amorcée par le cordeau Bickford se transforme en détonation au bout d'un temps plus ou moins long.

Pour obtenir des traînées de section constante et bien rectangulaire, nous utilisons un moule en bois dans lequel on dispose le fulminate et que l'on retire avant d'enflammer le cordeau Bickford. La « densité de chargement » du fulminate (variété blanche desséchée dans le vide phosphorique) est sensiblement constante dans nos expériences et égale à 1,25.

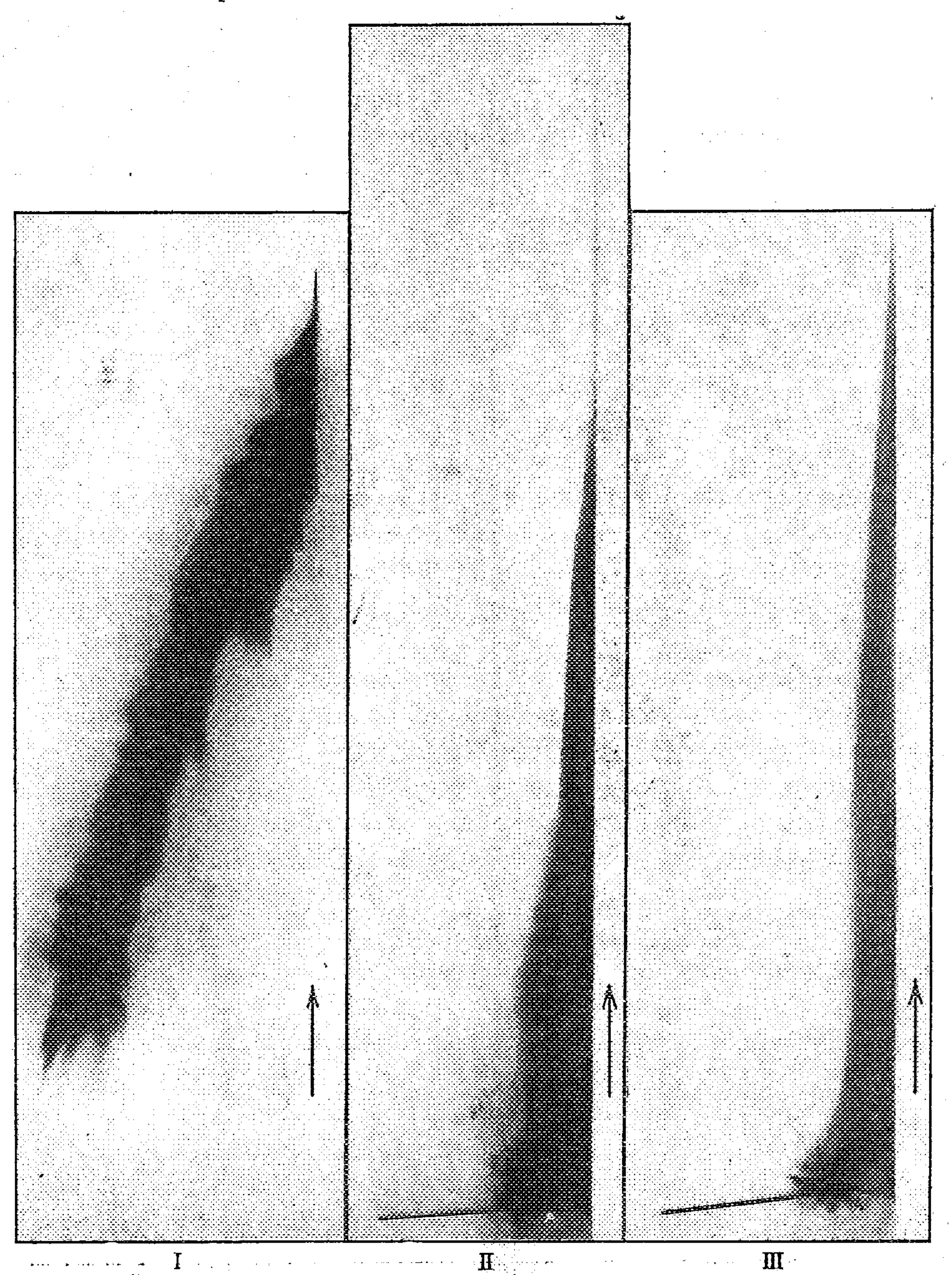
On constate sur les photographies qu'il n'y a pas continuité entre la vitesse de propagation de la combustion et celle de l'onde explosive, phénomène analogue à celui qui se produit dans les mélanges gazeux. Mais l'onde explosive prend naissance dans une partie de la masse déjà en combustion et ceci après un temps plus ou moins long : ce dernier phénomène ne se présente pas dans les mélanges gazeux où, au contraire, il peut arriver que l'onde explosive s'amorce en un point avant que la flamme y parvienne. D'autre part, comme dans les mélanges gazeux, une onde rétrograde prend naissance en même temps que l'onde explosive. L'intersection des images de ces deux ondes permet de déterminer le point précis où naît l'onde explosive.

---

(1) Séance du 7 décembre 1931.

(2) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 171.

Ces différents phénomènes sont très nettement visibles sur les photo-



I II III

graphies reproduites ci-dessus et sur lesquelles la flèche indique le sens de

déplacement du film. La figure I est relative à la combustion d'une traînée de fulminate de 50cm de longueur et dont la section (30mm²) était trop faible pour qu'il y ait détonation. La vitesse de déplacement du film n'était que de 1,90 m/sec de manière à avoir une photographie de dimensions convenables : ceci explique le faible développement apparent de la période initiale d'inflammation par rapport aux photographies suivantes où la vitesse du film était plus grande (*fig.* II : 13,15 m/sec; *fig.* III : 22,80 m/sec). Sur ces deux dernières photographies on voit très bien en A la naissance de l'onde explosive en un point déjà en combustion. L'onde rétrograde est également très nette. Ces deux figures II et III sont respectivement relatives à des traînées de fulminate de 82mm²,5 (largeur : 30mm; hauteur : 2mm,75) et de 34mm² de section (largeur : 5mm; hauteur : 6mm,8).

Nous avons mesuré en fonction de la section s (mm²) pour diverses valeurs de la hauteur h (mm) et de la largeur l (mm) de la traînée de fulminate : 1° la distance d (cm) au bout de laquelle prend naissance l'onde explosive; 2° la vitesse moyenne v (m/sec) de la combustion entre l'origine et le point A; 3° la vitesse V (m/sec) de l'onde explosive au delà du point A. Les tableaux suivants résument les résultats obtenus pour diverses valeurs de l et de h.

A. ($l = 5$mm.)

h	6	6,8	8,1	10	11,8
s	30	34	40,5	50	59
d	–	9,3	7,3	4,6	3,3
v	14,3	18,5	20	18	22
V	–	2350	2450	2600	2700

B. ($h = 5$mm.)

l	5	6	7	8	10	12	15
s	25	30	35	40	50	60	75
d	–	–	25	14,3	9,3	6	4
v	10,7	11,7	14,1	13,65	16	20	18
V	–	–	2250	2500	2500	2600	2700

C. ($h = 2$mm,75.)

l	10	13	15	20	30
s	27,5	35,75	41,25	55	82,5
d	–	33,3	21,3	12	10
v	8,5	10,3	11,5	16	16
V	–	2250	2350	2700	2800

Les principales conclusions que l'on peut tirer de l'examen de ces

tableaux sont les suivantes : 1° la distance d n'est pas uniquement fonction de la section, pour une valeur donnée de s elle est d'autant plus grande que h est plus petit; 2° pour des sections égales ou supérieures à 30^{mm^2}, il ne se forme pas d'onde explosive quelles que soient les valeurs de h et de l, même pour des traînées de 1^m de longueur; 3° la vitesse de l'onde explosive ne dépend que de la section (pour une densité de chargement déterminée).

VOLCANOLOGIE. — *Le nouveau dôme de la Montagne Pelée.* Note de M. **Frank A. Perret.**

Les formations cratériformes, dites enceintes, où le rempart plus ou moins complet d'un cratère entoure un cône de plus petite taille, résultat d'une activité éruptive postérieure et de moindre intensité (exemple classique, le Monte Somma au Vésuve) sont bien connues en volcanologie.

Mais on ne s'attend pas généralement à trouver ce mode de formation dans les *dômes*, en raison même de leur structure : ce sont en effet des édifices solides sans cheminée centrale à ouverture béante, pouvant servir de siège à une formation ultérieure secondaire.

C'est donc avec le plus vif intérêt que j'ai pu constater, en regardant pour la première fois, en janvier 1930, le dôme péléen, rendu célèbre par les travaux de M. A. Lacroix en 1902 et 1903, que ce dôme avait été profondément entamé par les effets explosifs de l'éruption commencée en septembre 1929. Au milieu de la cavité ainsi produite se trouvait une petite formation conique qui semblait donner des signes d'une activité éruptive. Je me propose d'exposer ici mes observations et mes interprétations personnelles à ce sujet [1].

L'excavation du dôme de 1902 n'avait pas encore pris la vraie forme cratérique, mais présentait, en haut de l'échancrure classique de la montagne, une cavité qui s'élargissait progressivement vers le sommet du dôme au Nord-Est, laissant pourtant, au centre de la blessure, une espèce d'arête rocheuse ayant la même direction générale; une région conique en constituait la partie la plus considérable, quoique non la plus élevée. Toutefois, la phase explosive continuant pendant les mois de janvier et février, et les points d'émission des nuées ardentes se concentrant bientôt

(1) Cette nouvelle éruption de la Montagne Pelée a fait l'objet de Notes de M. H. Arsandaux [*Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 761; **191**, 1930, p. 623; **192**, 1931, p. 1253 (*Sur l'évolution morphologique du dôme de la Montagne Pelée*)].

en deux sources principales, l'une, très grande, au Nord, et l'autre, plus petite mais plus élevée, au Sud-Est, l'évidement produisait, au commencement de février, un gouffre cratérique; celui-ci donnait au dôme de 1902, vu à vol d'oiseau, l'aspect d'un croissant de lune pas trop mince, dont les cornes étaient rapprochées, avec une extension médiane, le tout ayant à peu près la forme d'un petit *epsilon* grec.

Étant donnée la structure du dôme, dont le noyau est entouré par des masses en pente composées presque entièrement d'éboulis, on pouvait s'étonner de voir rester en place ces parois constituées par des parties les plus faibles du dôme, tandis que les roches solides de l'intérieur avaient été emportées. Évidemment, des matériaux éruptifs ont pu monter assez haut dans l'intérieur pour y former un épicentre, d'où, malgré leur divergence, les voies d'émission sont arrivées au sommet du dôme avant d'avoir pu entamer latéralement ses parois. De tout cela résulte le fait capital que dès la première explosion du 16 septembre 1929, toutes les manifestations de cette éruption ont eu lieu dans la masse du dôme de 1902.

Le nouveau dôme, sa genèse. — La formation rocheuse dont j'ai parlé descendait en direction générale ENE-WSW, en forme de crête de coq, dont l'extrémité inférieure ressemblait à une série d'aiguilles. Plus bas encore, et arrivant jusqu'à l'ancienne échancrure, une série de fentes se renouvelaient par de fréquentes bouffées cendreuses, alignées. Les difficultés d'observation dans ce volcan, bien connues de ceux qui l'ont visité, m'ont empêché de déterminer exactement le caractère de cette formation, à savoir si elle était due à du magma néogène, ou à un reste du dôme épargné par les explosions, qui, comme je l'ai dit, tendaient à se concentrer au Nord et au Sud-Est. Le seul fait incontestable était que sa partie centrale était animée.

Cette formation centrale ne consistait pas en une simple masse, mais on distinguait fort bien, à la faveur des éclaircies, un groupe de tours formant un édifice, rappellant un château d'aspect assez fantastique. Ces tours étaient rondes, parfaitement lisses à l'extérieur et entourées de ceintures en spirale. Elles formaient de véritables tubes, et j'ai vu souvent couler de la lave de plusieurs ouvertures situées à leur base. Notons que ce type de formation est souvent constatée dans les volcans quand du magma liquide monte en contact avec des matières froides. J'ai pu ensuite observer sur le nouveau dôme, le 20 avril 1930, après un énorme éboulement, des colonnes rondes et lisses, noires le jour, mais probablement incandescentes.

Évidemment ce groupe de tours devait subir des changements rapides, et

des observations faites pendant la nuit du 28 janvier, me faisaient croire à sa destruction complète. Or l'activité s'est démontrée plus constructive que destructive; après quelques jours de difficile visibilité, le 3 février, j'ai vu nettement, et même photographié, une modification considérable de cet ensemble, qui s'était consolidé en une seule masse, de beaucoup agrandie, et présentant le profil d'un vrai dôme. Le temps le permettant, j'ai pu, en remontant par la vallée de la Rivière Blanche, arriver tout près du Morne Lénard, d'où l'on pouvait voir que cette éminence présentait à sa cime des aiguilles rudimentaires, et que sa forme était effectivement celle d'un dôme, bombé, hémisphérique. Ce jour-là, il ne donnait pas le moindre signe d'activité. Mais ce n'était là, qu'un accident de courte durée.

Dans la soirée même survenait une phase d'activité lavique d'une intensité telle que s'il y avait eu des projections on aurait pu l'appeler une activité strombolienne. Dès ce moment, à mon avis, l'activité du nouveau dôme n'a jamais cessé. Ces crises, d'abord rythmiques et en antagonisme avec celles des nuées ardentes, se réduisaient graduellement à une forme d'activité constructive de plus en plus régulière, avec production d'innombrables petites aiguilles.

La phase lavique de la nuit du 3 février fut particulièrement intéressante. De tous les côtés du nouveau dôme sortaient de minces coulées de lave incandescente, avec émission de vapeur très légère et transparente. Le phénomène était comparable à la formation des coupoles laviques, telles que celles des Colle Umberto I et Margherita, au Vésuve. Le degré d'incandescence était tel et la croûte superficielle si mince, que, même les portions les plus sombres montraient une couleur orange foncée, et l'illumination, par réflection sur les vapeurs, était visible à Fort-de-France. Les coulées semblaient liquides et cohérentes jusqu'à une courte distance dn point d'émission, mais on ne saurait l'affirmer avec une certitude absolue. Bientôt le magma roulait en fragments présentant l'apparence bien connue du charbon en feu, et, rappelant la glissade des laves à l'extrémité inférieure des longues coulées de l'Etna. Ne disposant pas d'instruments de précision pour des mesures altimétriques, j'ai pu monter, pourtant, sur une lunette un demi-cercle gradué, et constater ainsi, pendant les jours suivants, une augmentation de hauteur du dôme. Le 19 février, du sommet du Morne Lénard, j'ai bien observé le nouveau dôme, qui avait alors un sommet plat, couronné de petites aiguilles, et des pentes rectilignes d'éboulis.

PHYSIOLOGIE. — *L'excrétion urinaire des corps cétoniques dans l'inanition chez les diverses espèces animales.* Note [1] de MM. **Emile-F. Terroine** et **H. Trimbach**, présentée par M. d'Arsonval.

Nous avons repris l'étude de la formation des corps cétoniques pendant l'inanition afin de préciser chez quelles espèces s'observe une excrétion accrue de ces corps, et de rechercher la présence ou l'absence d'un parallélisme entre le taux de la cétogenèse et la grandeur de la destruction protéique.

I. *La cétonurie du jeûne chez des espèces animales variées.* — L'accroissement du rejet des corps cétoniques pendant l'inanition chez l'homme est un fait classique. On en voit volontiers la cause dans l'absence totale d'emploi des hydrates de carbone pour la couverture des dépenses énergétiques. Mais le phénomène ne paraît être nullement général. Le jeûne ne provoquerait qu'une augmentation faible ou nulle des corps cétoniques chez le chien (Mering, Minkowski, Maignon), chez le rat (Smith et Levine), chez la chèvre et le lapin (J. Baer), chez le bœuf (Carpenter). Bien plus, d'après Fleuret, le passage d'une alimentation mixte complète à l'inanition serait marqué, chez le bouc et le lapin, par une diminution sensible de la cétonurie. Mais il faut se rappeler que chez ces animaux très divers, l'alimentation habituelle est de composition très différente. Elle peut donc provoquer des rejets normaux très éloignés. Et comme on juge des effets de l'inanition par rapport à l'état antérieur, les conclusions restent incertaines. Nous avons donc repris l'examen de cette question sur des espèces animales très diverses, mais toutes préalablement soumises à un même régime alimentaire. Ce régime doit à la fois assurer la couverture certaine de tous les besoins et présenter un rapport convenable entre glucides, lipides et protides. A cet égard le lait de vache complet nous a paru l'aliment de choix.

Les sujets étudiés (Porcs, Chiens, Lapins, Chats, Rats) ingèrent donc du lait en quantité largement suffisante et pendant un temps assez long. Ils sont ensuite soumis à l'inanition et pour éviter une trop grande réduction du volume urinaire reçoivent, en injections, des volumes assez élevés de solutions salines (Ringer). L'inanition est longuement prolongée, parfois jusqu'à la mort.

---

[1] Séance du 7 décembre 1931.

Nous aurons l'occasion de revenir sur les différences qui séparent les espèces quant à l'intensité de la cétonurie pour une alimentation identique. Nous nous contenterons aujourd'hui de prendre la moyenne quotidienne de la période de régime lacté comme terme de comparaison avec les faits observés pendant l'inanition. On trouvera ci-dessous un exemple pour chaque espèce animale, de nombreuses déterminations ayant donné des résultats concordants. Toutes les valeurs sont exprimées en milligrammes.

	Acétone + acide diacétique.	Acide β oxy-butyrique.	Corps cétoniques totaux.
	Porc.		
Alim. lactée	13,87	78,16	58,65
Inanition (13 jours)	33,05	28,78	51,07
	Lapin.		
Alim. lactée	1,4	9,70	6,93
Inanition (10 jours)	0,7	2,08	1,97
	Chien.		
Alim. lactée	2,81	11,60	9,06
Inanition (11 jours)	2,45	8,91	7,38
	Chat.		
Alim. lactée	1,30	10,0	6,85
Inanition (9 jours)	0,97	4,7	3,53
	Rat.		
Alim. lactée	0,42	3,52	2,36
Inanition (5 jours)	0,17	0,56	0,51

Les faits sont démonstratifs : non seulement il n'y a jamais augmentation des corps cétoniques totaux, mais au contraire, et c'est là le point sur lequel nous insistons, il y a baisse sensible de la cétonurie totale ; confirmation et extension des conclusions de Fleuret. Sauf chez le porc, la baisse porte sur les deux groupes de composés. Chez le porc une augmentation très nette de la somme « acétone + ac. diacétique » est sensiblement compensée par la diminution de l'acide β-oxybutyrique.

La cétonurie du jeûne constitue donc une exception ; elle est limitée à l'homme et aux primates. Encore n'est-il pas certain qu'on soit en droit de parler de l'*homme* sans préciser, Heinbecker ayant montré que l'inanition ne provoque qu'une très légére cétonurie chez les Esquimaux.

II. *Cétonurie et métabolisme azoté.* — C'est également un fait classique que l'augmentation de la dépense azotée endogène lors de la substitution totale des graisses aux hydrates de carbone pour la couverture des besoins énergétiques. L'hypothèse a été émise qu'un tel fait était peut-être, partiellement au moins, la conséquence d'un accroissement de production des corps cétoniques. Nous relèverons dans un prochain mémoire la bibliographie très étendue relative aux liens qui peuvent exister entre cétogenèse et métabolisme azoté. Ici nous profitons simplement de notre étude pour recherche si, au cours du jeûne prolongé, il existe un parallélisme nécessaire entre les variations d'excrétion de l'azote total et celles des corps cétoniques.

Moment de l'inanition.	Porc. N total.	Porc. Corps cétoniques totaux.	Lapin. N total.	Lapin. Corps cétoniques totaux.	Chat. N total.	Chat. Corps cétoniques totaux.
Deuxième jour.......	7134	40,6	672,5	6,55	–	–
Troisième »	5429	40,5	812,2	3,63	–	–
Quatrième »	4981	46,5	990,0	1,71	980	17,31
Cinquième »	4863	71,7	1406,5	1,94	1320	20,83
Sixième »	4458	63,1	860,1	1,0	966	18,69
Septième »	3623	68,9	2512,0	1,0	1451	19,12
Huitième »	2754	63,1	2255,0	0,8	1285	15,46
Neuvième »	2475	59,9	–	–	1147	12,72
Dixième »	–	–	–	–	1433	11,83

Les valeurs rapportées (milligrammes) montrent qu'il n'en est nullement ainsi, les variations pouvant être de sens inverse.

Si donc, comme de multiples expériences l'ont montré, la substitution totale des graisses aux hydrates de carbone entraîne une augmentation importante de la dégradation azotée endogène, ce n'est point à une production accrue des corps cétoniques qu'il faut rapporter ce phénomène dont la cause reste à préciser.

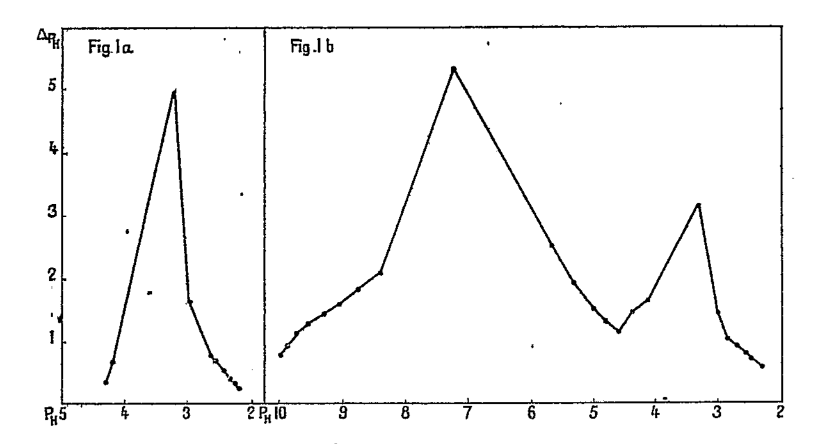
BIOLOGIE PHYSICO-CHIMIQUE. — *Titrage électrométrique des protéines.* Note (1) de M. **J. Errera**, présentée par M. J. Perrin.

En collaboration avec M. Vogels et avec l'aide de M. Hauss, nous avons continué l'étude de protéines par titrages électrométriques (avec électrode d'antimoine) (2).

(1) Séance du 23 novembre 1931.

(2) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 959.

La courbe *a* représente le titrage de la globuline de l'arachide dissoute dans une solution de NaCl titrée par HCl N/100. Le maximum correspond à la fin de l'action de l'acide sur la globuline et au début de l'apparition de l'acide libre. La courbe *b* est la c. t. e. de la même globuline dissoute dans NaCl à 8 pour 100 additionnée de soude et titrée par HCl N/50. Rappelons que le premier maximum correspond à la fin de la neutralisation de la soude libre et au début de l'action d'HCl sur le globulinate de soude, le deuxième maximum correspondant au même phénomène que le maximum unique de la courbe *a*. Le minimum de la courbe *b* est le point isoélectrique : c'est la fin du déplacement du globulinate par l'acide et le début de la chloruration des groupes aminés de la protéine. Le nombre de centimètres cubes de réactif nécessaire pour passer du maximum 1 au maximum 2 est une mesure de la concentration en protéine. Le nombre de centimètres cubes utilisés pour passer du maximum 1 au minimum divisé par le nombre de centimètres cubes nécessaire pour passer de ce minimum au maximum 2 est une mesure du rapport du nombre de groupes COOH et NH^2 de la protéine. Les valeurs des pH correspondant aux demi-titrations entre les maxima et le point isoélectrique permettent de calculer les constantes d'ionisation d'une protéine du côté acide (K_a) et du côté basique (K_b). Pour l'arachide $K_a = 7{,}1.10^{-6}$ et $K_b = 1{,}6.10^{-10}$.



Les c. t. e. ainsi figurées contribuent à établir le caractère « d'individu chimique » des protéines. Pour le mettre encore en relief, nous citerons les trois expériences suivantes :

1° Un même sérum a été titré avec de l'HCl de différentes concentrations; entre les deux maxima extrêmes, il fallait avec HCl N/10 $2^{cm^3},4$, avec HCl N/100, il en fallait 23.

2° Nous titrons par de l'HCl des solutions de blanc d'œuf battu (12,7 pour 100 de protéines) de différentes concentrations. Le premier tableau résume les résultats

Composition. Solutions.	Réactif titrant.	Nombre de centimètres cubes d'acide entre 2 max. extrêmes.	Nombre de centimètres cubes ramené à 10^{cm^3} blanc et HCl N/10.
10 blanc + 15 NACl 0,8 pour 100	HCl N/20	12,5	6,25
5 » + 20 »	HCl N/20	6	6
2,5 » + 22,5 »	HCl N/40	6	6
1 » + 24 »	HCl N/50	3	6

Ces deux expériences font ressortir que les combinaisons des protéines sont stœchiométriques.

3° La dilution de certaines protéines en milieu sodique peut être accompagnée d'hydrolyse : pour chaque molécule de dimension colloïdale de protéine, il y a des groupes NH^2 et COOH extérieurs et un certain nombre de ces groupes combinés à l'intérieur de la molécule par exemple sous la forme — CO — NH. L'hydrolyse peut avoir pour effet d'ouvrir ces liaisons intérieures et d'augmenter le nombre de radicaux acides et amines libres. Dans l'exemple suivant, nous avons gardé constante la concentration en soude (N/10) et fait varier celle de blanc d'œuf. Le titrage a été fait par HCl N/10.

Composition. Solution.	pH initial.	pH premier maxima (début).	pH dernier maxima (fin).	Nombre de cm³ d'acide entre ces deux max ramené à 10^{cm^3} blanc.
5 blanc + 16 NaCl + 4 NaOH......	10,25	8,15	3,15	7
2,5 » 18 »	10,6	8,4	2,95	10
1 » 20 »	11,3	8,45	2,9	12

On voit que l'hydrolyse augmente avec le pH initial : le nombre de groupes COONa et NH^2 a augmenté puisque le nombre de centimètres cubes d'acide a augmenté au lieu de rester constant comme dans le premier tableau.

Les études faites jusqu'ici sur les protéines de riz, blé, maïs, arachide, sur la gélatine, sur les albumines et globulines du sérum sanguin et de l'œuf confirment que : 1° les points isoélectriques des albumines et des globulines sont dans la région acide (pH 4 à 5,5) tandis que ceux des prolamines et des glutélines sont dans la région alcaline (pH 8 à 10); 2° dans un

mélange complexe, la séparation par notre méthode des albumines des globulines d'une part, des prolamines des glutélines d'autre part est parfois difficile, ce qui provient de ce que leur maxima sont à des pH voisins; il faut alors faire varier, pour une concentration donnée en protéines, la quantité de réactif titrant ajouté entre chaque mesure de potentiel.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les glycérophosphomolybdates.* Note [1] de M. **Paul Fleury**, présentée par M. A. Desgrez.

On connaît de longue date les complexes phosphomolybdiques, mais il ne semble pas que l'attention ait été attirée sur la formation possible des complexes analogues avec les glycérophosphates. Dans cette Note nous apportons d'abord deux séries d'expériences où les glycérophosphates se conduisent, tout au moins qualitativement, comme les phosphates, vis-à-vis de l'acide molybdique.

Dans la *première série*, on utilise l'action exercée par les phosphates sur le pouvoir rotatoire très élevé des solutions aqueuses de molybdomalate d'ammonium droit, action se traduisant par une diminution de l'activité optique, en fonction de la quantité de phosphate utilisé (Darmois, *Bull. Soc. chim.*, 39, 1926, p. 723).

Nous avons songé à examiner quelle était, dans les mêmes conditions, l'activité des glycérophosphates α et β. Toutes nos expériences ont été faites d'après le schéma suivant :

Molybdomalate de NH^4 (10^g pour 100^{cm^3} de sol)	2^{cm^3}
Sel M/10 de phosphate, ou glycérophosphate disodique	N^{cm^3}
Eau, q. s. pour	10^{cm^3}

On détermine le pouvoir rotatoire, pour la raie D du sodium, de solutions où N varie de 0 à 8^{cm^3}.

Les résultats obtenus sont traduits dans le graphique de la figure 1.

Qualitativement, les glycérophosphates α et β se conduisent donc comme le phosphate disodique. Quantitativement, les trois sels ont la même action aux faibles concentrations, tandis qu'aux fortes, l'activité des phosphates est plus marquée. Les deux isomères α et β ont une action comparable.

(1) Séance du 7 décembre 1931.

La *deuxième série* d'expériences est basée sur l'observation suivante : si l'on mélange une solution de molybdate de NH^4, préalablement neutralisée à l'héliantine, avec une solution de phosphate monoalcalin (donc sensiblement neutre à l'héliantine), la solution devient alcaline; la quantité

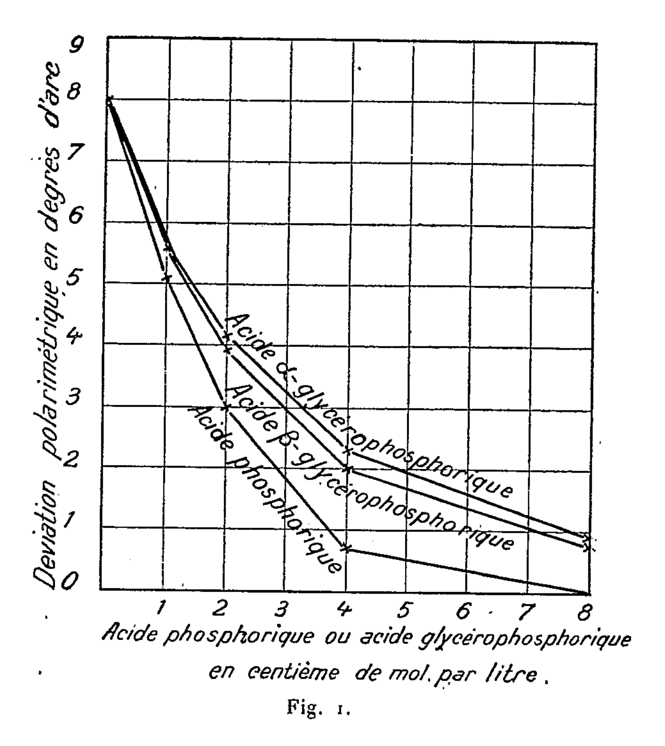


Fig. 1.

d'acide chlorhydrique à ajouter pour rétablir la réaction primitive dépend de la quantité de molybdate de NH^4 introduite. Elle croît d'abord avec l'addition de molybdate, puis atteint un maximum qui ne peut être dépassé, quelle que soit la quantité de molybdate ajoutée. Or, qualitativement, le phénomène est le même avec un glycérophosphate monoalcalin, soit α, soit β. Nos expériences quantitatives contenaient, pour un volume total de 40^{cm^3}, des quantités croissantes de molybdate de NH^4, préalablement neutralisées à l'héliantine (exprimées en millimolécules de MoO^3) et des quantités constantes, soit de phosphate monosodique, soit de glycérophosphates α ou β.

On note les quantités de ClH (en millimolécules) nécessaires pour ramener la solution à la réaction initiale. Le graphique de la figure 2 traduit nos résultats (les valeurs obtenues avec l'α-glycérophosphate sont à

peu près superposables à celles de l'isomère β seules notées au graphique).

Les conclusions que l'on peut en tirer viennent, en somme, confirmer les expériences précédentes.

Nous avons alors entrepris de séparer les composés ainsi décelés. Jusqu'ici nous n'avons pu obtenir, à l'état cristallisé, que les composés β, en préci-

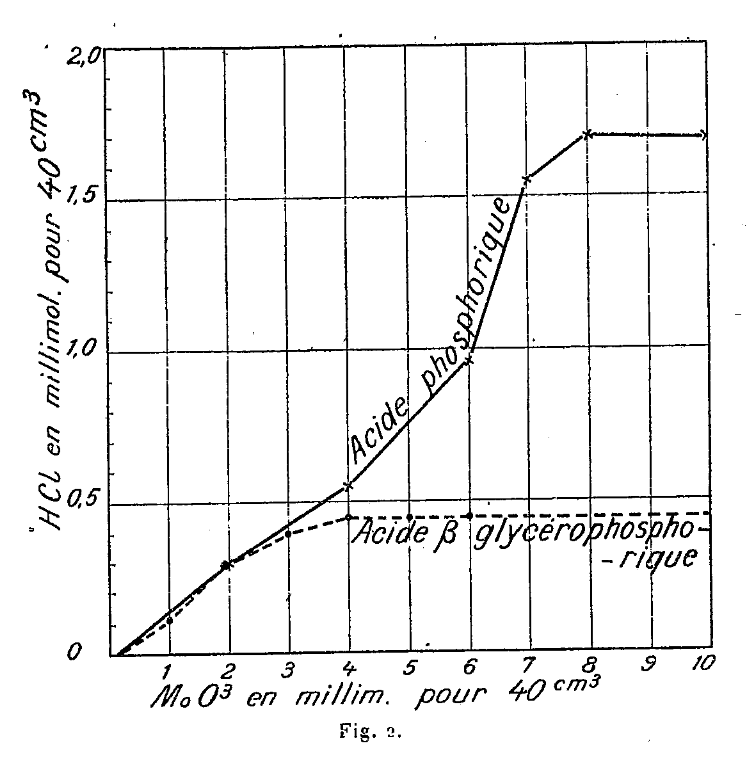


Fig. 2.

pitant par l'alcool, dans des conditions qui seront décrites dans un autre recueil, des solutions de glycérophosphates monoalcalins additionnés d'acide molybdique jaune de Rosenheim $MoO^3, 2H^2O$. Ces corps, très bien cristallisés, correspondent à la formule $2,5MoO^3, \beta(C^3H^7O^2)PO^4M^2, nH^2O$ ($n = 2,5$ pour le sel de K et 4 pour le sel de Na).

Conclusion. — Malgré son éthérification par la glycérine, l'acide phosphorique conserve, bien qu'atténuée, la propriété de former des complexes avec l'acide molybdique. Deux de ces complexes ont pu être isolés à l'état cristallisé, le β-glycérophosphomolybdate de sodium et le β-glycérophosphomolybdate de potassium.

CYTOLOGIE. — *Cytologie du Colibacille*, Bacterium coli *Escherich.* Note de M. **A.-Ch. Hollande** et Mme **G. Hollande**, présentée par M. M. Caullery.

Le colibacille, au point de vue cytologique, est très voisin du bacille typhique ([1]); il ne s'en distingue que par sa moindre richesse en métachromatine cyanophile et la présence plus fréquente de deux vacuoles apicales chez les formes jeunes.

Comme chez le bacille d'Eberth, les formes jeunes naissent d'un rénitocyte minuscule (*fig.* 15, α et β), élaboré aux extrémités des bacilles des vieilles cultures.

Les formes jeunes du *Bacterium coli* sont constituées par des individus à bouts arrondis (*fig.* 7), présentant un protoplasme dense, basophile, à structure non alvéolaire, renfermant un paranucléosome globuleux (métachromatine érythrophile); celui-ci masque le plus souvent le nucléosome (*fig.* 7, β), fin corpuscule sphérique, souvent en division, coloré, après teinture par les éosinates à la soude Hollande, en bleu noirâtre ([2]).

Parfois, le nucléosome est accolé au paranucléosome (*fig.* 7, α), ou en est séparé (*fig.* 7 α et *fig.* 7'). Il se divise activement avant, pendant ou après la division du paranucléosome. En grandissant, la forme jeune du colibacille augmente de volume, et acquiert deux vacuoles apicales, elle a souvent alors la forme d'un huit (*fig.* 3). Il peut exister des produits de sécrétion intravacuolaires colorés en brun ocre. La membrane externe est simple et se colore faiblement en rouge orangé (éosinates).

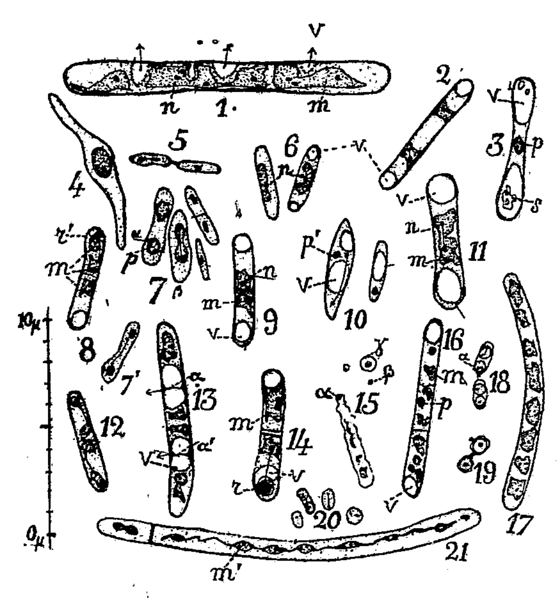
Les formes évoluées du colibacille se différencient par la disparition du paranucléosome et l'apparition du métachromatinosome sous la forme d'une tache à contours irréguliers, formée de métachromatine cyanophile. Il existe le plus souvent deux métachromatinosomes par bacille, rapprochés

---

([1]) Cf. *C. R. Soc. Biologie*, 107, 1931, p. 205, et 108, 1931, p. 931; *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1585, et 193, 1931, p. 790.

([2]) Dans les préparations bien différenciées du bacille typhique et du colibacille, les nucléosomes, après coloration aux éosinates à la soude, sont nettement colorés en bleu noirâtre; dans les préparations insuffisamment différenciées, ils prennent souvent, dans les mêmes conditions de coloration, une teinte rouge ou rouge violacé, comme nous l'avions indiqué dans notre première Note aux *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 107, 1931, p. 206.

(*fig.* 9) ou non (*fig.* 2) l'un de l'autre. Rarement se voit dans le corps microbien une mince cloison transversale teintée en bleu foncé [et non en rouge orangé (éosinates)], séparant les deux métachromatinosomes, ou deux groupes de métachromatinosomes; exceptionnellement s'observent dans un même individu, deux membranes transversales (*fig.* 16). Chaque



Colibacille; dessins effectués à la chambre claire.

Fig. 3, 5, 7 et 7', « formes jeunes » du colibacille; en 3, grande « forme jeune » possédant deux vacuoles apicales; fig. 2, 6, 9, 11, « formes évoluées » du colibacille; fig. 12, jeune « forme évoluée » sans vacuoles apicales, en voie de division; fig. 4, 21, 17, 1, phytoschizontes à divers stades; fig. 13, schizophytoïde en voie de multiplication; mise en liberté des individus par gélification de la portion mitoyenne des membranes α et α'; fig. 16, forme évoluée avec deux cloisons transversales; métachromatinosomes (*m*) en formation, et paranucléosomes (*p*) en régression; fig. 15, bacille dégénéré présentant un rénitocyte α; β rénitocyte libre; γ, rénitocyte germant; fig. 8, 14, début de la formation du rénitocyte; fig. 10, jeunes individus à vacuole centrale nés des rénitocytes; *p'*, paranucléosomes en formation; fig. 20, petits éléments sphériques nucléés élaborés par les bacilles du type 10; fig. 18, divers stades de l'évolution des éléments sphériques aboutissant aux formes 19, dont chaque noyau résulterait (?) de la fusion (autogamie ?) de deux noyaux semblables à ceux de la cellule α de la figure 18. *m*, métachromatinosome; *p*, paranucléosome; *n*, nucléosome; *v*, vacuole; *s*, produit de sécrétion; *r* et *r'*, rénitocytes en formation.

métachromatinosome renferme un nucléosome (*fig.* 2, 6, 9), fréquemment en division (*fig.* 11); ce dernier peut ici encore être situé en dehors des métachromatinosomes (*fig.* 6). Il n'y a pas de noyau diffus (appareil chromidial), le nucléosome étant le noyau de la cellule.

Des formes jeunes peuvent évoluer en phytoschizontes (*fig.* 4, 21, 17) qui produiront des schizophytoïdes, suivant le processus déjà indiqué pour

le bacille d'Eberth (*Comptes rendus*, 1931, p. 205); certains schizophytoïdes sont aptes à se diviser semblablement (*fig.* 13).

L'élaboration des rénitocytes ne s'établit que chez les « formes évoluées ». Autour d'un nucléosome néoformé, produit à la suite de la division du nucléosome d'un métachromatinosome proche, s'individualise un halo protoplasmique renfermant un peu de métachromatine cyanophile; puis, une fine membrane périphérique apparaît, limitant l'élément du reste de l'individu. Peu à peu le rénitocyte se contracte et se condense (*fig.* 15, α). Aux termes de son évolution, il apparaît sous la forme d'un corpuscule sphérique minuscule, (*fig.* 15, β) situé à la limite de la visibilité (ultravirus).

Placé dans un milieu favorable, le rénitocyte germe; sa membrane se gonfle et apparaît en son centre une petite sphère protoplasmique pourvue d'un fin nucléosome (*fig.* 15, γ). Ce germe évolue soit en un bacille fin qui reproduit une forme jeune, soit en un bacille ovoïde, en forme de navette, présentant une vacuole centrale (*fig.* 10).

Ce dernier donne rapidement naissance à une forme évoluée, voisine des schizophytoïdes du type 13, ou individualise à une de ses extrémités, autour d'un fin nucléosome, une petite sphère protoplasmique, qui évolue dans la suite pour son propre compte (*fig.* 20). Après des subdivisions diverses (*fig.* 20 et 18), il en résulte des éléments, jumelés ou isolés, entourés d'une forte membrane (*fig.* 19). Nous pensons que ces éléments sont peut-être en rapport avec des phénomènes sexués (autogamie ?).

Ultérieurement, de ces cellules microscopiques dérivent des formes monstrueuses (5 à $8^{\mu} \times 30$ à 40^{μ}) (formes d'involution), souvent piriformes qui, en s'étirant, se résolvent finalement en cellules donnant naissance à des phytoschizontes.

La similitude des caractères cytologiques qui existent entre le bacille d'Eberth et le colibacille ne permettent pas, au point de vue botanique, de ranger, avec les auteurs américains, le colibacille et la bacille typhique en deux genres différents (*Escherichia* et *Eberthella*). Nous les maintiendrons l'un et l'autre dans le genre *Bacterium*.

A 16^{h}, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^{h}20^{m}$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 9 novembre 1931.)

Note de M. *Jacques Devisme*, Sur quelques équations aux dérivées partielles :

Page 827, ligne 9, *au lieu de* $\Delta^{k+1}U$, *lire* $\Delta^{k-1}U$; dernière formule, *au lieu de* $-$, *lire* $+$ à l'intérieur des crochets.

(Séance du 23 novembre 1931.)

Note de MM. *H. Vincent* et *L. Velluz*, Sur les propriétés immunigènes de la cryptotoxine diiodosalicylique :

Page 969, deuxième renvoi au bas de la page, *au lieu de* 1 pour 1000, *lire* 1 pour 100

Note de M. *Maurice Janet*, Sur le minimum du rapport de certaines intégrales :

Page 979, ligne 13, *au lieu de* de la dérivée d'ordre $n-1$, *lire* des dérivées d'ordres $n-1$ et n.

Note de M. *Jacques Devisme*, Sur quelques équations aux dérivées partielles :

Page 984, ligne 7, *au lieu de* $\frac{d^2V}{dt^2}$ et $\frac{dV}{dt}$, *lire* $\frac{d^3V}{dt^3}$ et $\frac{d^2V}{dt^2}$ pour les deux premiers termes de l'équation.

(Séance du 30 novembre 1931.)

Note de MM. *Georges Ranque* et *Pierre Henry*, Sur la détermination des caractéristiques d'allongement visqueux des métaux à chaud :

Page 1061, lignes 12 et 20 du texte et en note, *au lieu de* Kohn, *lire* Rohn.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 DÉCEMBRE 1931.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS DE LAUNAY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur une propriété de l'équation obtenue en égalant à zéro la distance de deux planètes* P, P_1 *qui ne se rencontrent pas en des points réels* (1). Note (2) de M. **Maurice Hamy**.

En posant $z = E^{iu}$ (E base des logarithmes népériens, u anomalie excentrique de la planète P), l'équation en question est de la forme

$$(1) \qquad e^2 z^4 + (A + Bi) z^3 + C z^2 + (A - Bi) z + e^2 = 0,$$

en faisant

$$(2) \quad \begin{cases} A = -4\left[e + \dfrac{r_1}{a}\left\{\cos\varpi\cos(\varpi_1 + w_1) + \sin\varpi\sin(\varpi_1 + w_1)\cos I\right\}\right], \\ B = -4\sqrt{1-e^2}\,\dfrac{r_1}{a}\left[\sin\varpi\cos(\varpi_1 + w_1) - \cos\varpi\sin(\varpi_1 + w_1)\cos I\right], \\ C = \quad 2\left[2\dfrac{r_1^2}{a^2} + 2 + e^2 + 4e\dfrac{r_1}{a}\left\{\cos\varpi\cos(\varpi_1 + w_1) + \sin\varpi\sin(\varpi_1 + w_1)\cos I\right\}\right]. \end{cases}$$

Dans ces formules, e représente l'excentricité de la planète P, a son demi-grand axe, ϖ la longitude de son périhélie, comptée à partir de l'un des

---

(1) J'ai signalé, il y a plus de vingt ans, la propriété dont il s'agit (*Comptes rendus*, 147, 1908, p. 1253), sans en donner la démonstration. Sur une demande venant de l'étranger, je la fais connaître, dans la présente Note, telle que je l'ai obtenue autrefois.

(2) Séance du 21 décembre 1931.

nœuds mutuels des orbites. r_1 représente le rayon vecteur de P_1, w_1 son anomalie vraie, ϖ_1 la longitude de son périhélie, comptée à partir de la même origine que ϖ. Enfin, I est l'inclinaison mutuelle des orbites. L'équation (1) se transforme en elle-même, quand on y change z en $\frac{1}{z}$ et $i=\sqrt{-1}$ en $-i$. En conséquence, à une racine en correspond une autre, de même argument et de module inverse. A ce groupe de racines est associé un second, de même forme, dont l'argument est de signe contraire au précédent, le produit des quatre racines devant avoir pour valeur 1. Ainsi les quatre racines sont représentées par

$$\rho E^{-i\lambda}, \quad \frac{1}{\rho} E^{-i\lambda}, \quad \rho_1 E^{i\lambda}, \quad \frac{1}{\rho_1} E^{i\lambda}.$$

Pour déterminer ρ et ρ_1 (nous supposerons $\rho > \rho_1 > 1$), on part des relations entre les coefficients et les racines

$$(3) \quad \begin{cases} \left(\rho + \frac{1}{\rho} + \rho_1 + \frac{1}{\rho_1}\right)\cos\lambda = -\frac{A}{e^2}, \\ \left(\rho + \frac{1}{\rho} - \rho_1 - \frac{1}{\rho_1}\right)\sin\lambda = \frac{B}{e^2}, \\ 2\cos 2\lambda + \rho\rho_1 + \frac{1}{\rho\rho_1} + \frac{\rho}{\rho_1} + \frac{\rho_1}{\rho} = \frac{C}{e^2}. \end{cases}$$

Faisant

$$y_1 = \cos 2\lambda, \qquad y_2 = \frac{1}{2}\left(\frac{\rho}{\rho_1} + \frac{\rho_1}{\rho}\right), \qquad y_3 = \frac{1}{2}\left(\rho\rho_1 + \frac{1}{\rho\rho_1}\right),$$

on a

$$-1 < y_1 < 1 < y_2 < y_3$$

et

$$(4) \quad \begin{cases} y_1 + y_2 + y_3 = \frac{C}{2e^2}, \\ y_1 y_2 + y_2 y_3 + y_3 y_1 = \frac{A^2 + B^2}{4e^4} - 1, \\ y_1 y_2 y_3 = \frac{A^2 - B^2}{4e^4} - \frac{C}{2e^2}, \end{cases}$$

en sorte que les y sont les trois racines réelles de l'équation

$$(5) \qquad 4e^4 Y^3 - 2Ce^2 Y^2 + (A^2 + B^2 - 4e^4)Y + 2Ce^2 + B^2 - A^2 = 0,$$

savoir : deux racines supérieures à 1 et une racine comprise entre -1 et $+1$. Les relations (4) s'établissent d'ailleurs facilement, d'après les formules (3), en retranchant et ajoutant les deux premières, après avoir élevé leurs deux membres au carré.

Dans ce qui précède il n'y a rien d'essentiellement nouveau; mais ces formules étaient nécessaires, pour arriver à la propriété qui fait l'objet de la Note présente, à savoir que ρ, le plus grand module des quatre racines de l'équation (1), est supérieur ou accidentellement égal à $\cot\frac{\psi}{2}$, en posant $e = \sin\psi$. Pour l'établir, nous allons montrer que $\rho\rho_1$ est supérieur à $\cot^2\frac{\psi}{2}$. Comme y_3 croît avec $\rho\rho_1$, il suffit de constater qu'en remplaçant $\rho\rho_1$ par $\cot^2\frac{\psi}{2}$, dans l'expression de y_3, la quantité q obtenue est inférieure à la racine y_3. Et cette propriété sera elle-même établie, si le premier membre de l'équation (5) prend une valeur négative, en substituant q à Y, puisque cette équation n'a que deux racines supérieures à 1. On a d'ailleurs

$$q = \frac{1}{2}\left(\cot^2\frac{\psi}{2} + \operatorname{tang}^2\frac{\psi}{2}\right) = \frac{2}{\sin^2\psi} - 1 = \frac{2}{e^2} - 1.$$

Le résultat S de la substitution se ramène d'abord à

$$\frac{e^2 S}{2} = 8e^4 - 24e^2 + 16 + (4C - A^2)e^2 + A^2 + B^2 - 4C$$
$$= 4(1 - e^2)\left[4 + \frac{A^2}{4} - 2e^2 - C\right] + B^2,$$

ou, en tenant compte de la valeur (2) de B,

$$\frac{e^2 S}{2} = 4(1 - e^2)\left[\frac{A^2}{4} - C + 4 - 2e^2 + 4\frac{r_1^2}{a^2} \times \{\sin\varpi\cos(\varpi_1 + w_1) - \cos\varpi\sin(\varpi_1 + w_1)\cos I\}^2\right].$$

Or on a, d'après les formules (2),

$$\frac{A^2}{4} = 4\left[e^2 + 2e\frac{r_1}{a}\{\cos\varpi\cos(\varpi_1 + w_1) + \sin\varpi\sin(\varpi_1 + w_1)\cos I\} + \frac{r_1^2}{a^2}\{\cos\varpi\cos(\varpi_1 + w_1) + \sin\varpi\sin(\varpi_1 + w_1)\cos I\}^2\right].$$

$$C - 4 + 2e^2 = 4\left[e^2 + 2e\frac{r_1}{a}\{\cos\varpi\cos(\varpi_1 + w_1) + \sin\varpi\sin(\varpi_1 + w_1)\cos I\} + \frac{r_1^2}{a^2}\right]$$

Retranchant ces dernières égalités, on en conclut

$$\frac{e^2 S}{2} = 16(1 - e^2)\frac{r_1^2}{a^2}\Big[\{\cos\varpi\cos(\varpi_1 + w_1) + \sin\varpi\sin(\varpi_1 + w_1)\cos I\}^2 + \{\sin\varpi\cos(\varpi_1 + w_1) - \cos\varpi\sin(\varpi_1 + w_1)\cos I\}^2 - 1\Big]$$

ou

$$S = -32\frac{1-e^2}{e^2}\frac{r_1^2}{a^2}\sin^2(\varpi_1 + w_1)\sin^2 I \leqq 0.$$

Cette inégalité établit la propriété à démontrer.

Il est à remarquer qu'elle se change en égalité, lorsque la planète P_1 passe par la ligne des nœuds des orbites, à partir de laquelle est comptée la longitude ϖ_1 du périhélie de P_1, comme nous l'avons spécifié. D'autre part l'inégalité se transforme encore en égalité, quelle que soit la position de P_1 sur son orbite, quand l'inclinaison I des orbites est nulle. Ce fait était à prévoir, parce que le carré de la distance des planètes se décompose alors en facteurs du second degré dont les racines, dans l'un, ont pour produit $\tan^2\frac{\psi}{2}$ et, dans l'autre, $\cot^2\frac{\psi}{2}$.

La démonstration qui précède suppose essentiellement la planète P_1 placée sur son orbite réelle.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Développement en fonctions harmoniques sur la sphère d'une fonction dont la valeur est donnée en chaque point du rivage continental. Représentation conforme.* Note (¹) de M. **Marcel Brillouin.**

1. La recherche des concamérations en lesquelles peut se subdiviser un océan qui oscille librement entre des rivages de forme quelconque (et multiplement connexe) m'a conduit à étudier le problème auxiliaire suivant :

Étant donné sur une sphère un océan limité par un ou plusieurs contours, former le développement général en fonctions harmoniques qui prend une valeur déterminée en chaque point de ce contour.

Ce développement doit évidemment conserver assez d'indétermination pour prendre des valeurs quelconques dans le domaine océanique, aboutissant avec continuité aux valeurs données sur les rivages.

Le mode de formation que je vais indiquer se prête au calcul numérique, aussi bien qu'analytique.

2. La partie arbitraire du développement s'obtient très simplement en cherchant le développement le plus général qui prenne une valeur *nulle* sur tout le rivage.

Travaillons en coordonnées géographiques : longitude α, et sinus de la

(¹) Séance du 21 décembre 1931.

latitude μ. Pour la simplicité de l'écriture, supposons que chaque cercle de latitude ne rencontre les rivages qu'en deux points.

Soient $\alpha = f(\mu)$, $\alpha = g(\mu)$ les équations qui déterminent ces deux points; aux latitudes extrêmes du continent f et g deviennent égales, et en dehors, f et g sont imaginaires conjuguées.

Voici maintenant tout l'artifice : La fonction

$$\sin^2\left(\frac{\alpha - f}{2}\right) \sin^2\left(\frac{\alpha - g}{2}\right)$$

s'annule *uniquement* le long du contour, quand α et μ prennent toutes les valeurs qui couvrent la sphère. Elle fournit donc la concamération fondamentale, sans aucune ligne nodale autre que le contour.

Cette fonction est facile à développer en fonctions sphériques de rang 0, 1 et 2, car elle est égale à

$$\Omega_{11} = \frac{1}{8}[2 + \cos(g - f) - 2\cos\alpha(\cos f + \cos g) - 2\sin\alpha(\sin f + \sin g) + \cos 2\alpha \cos(f + g) + \sin 2\alpha \sin(f + g)]$$

et il n'y a aucune difficulté analytique à développer $2 + \cos(g - f)$ en polynomes de Legendre P_n, $\cos f + \cos g$, et $\sin f + \sin g$ en fonctions tessérales T'_n, $\cos(f + g)$, et $\sin(f + g)$ en fonctions tessérales T^2_n. Car ces sinus et cosinus donnés sont réels d'un pôle à l'autre.

Concamérations à lignes nodales quasi méridiennes. — Ces concamérations s'obtiendront *toutes* en partant de

$$\Omega_p = \sin^2 p \frac{\alpha - f}{2} \sin^2 p \frac{\alpha - g}{2}$$

et donnant à p toutes les valeurs entières.

Concamérations à double système de lignes nodales. — On obtiendra les concamérations de la forme la plus générale en développant de même toutes les fonctions

$$\Omega^N_p = P_N(\mu) \sin^2 p \frac{\alpha - f}{2} \sin^2 p \frac{\alpha - g}{2}.$$

On peut prendre comme facteur, si la forme du rivage l'indique, toute autre suite *complète* de fonctions de μ au lieu de la suite des polynomes de Legendre P_N.

En dehors du continent pf et pg sont imaginaires conjugués, et toutes les fonctions à développer en fonctions harmoniques restent réelles d'un pôle à l'autre. Chaque concamération est ainsi caractérisée par deux

entiers distincts, p et N qui peuvent prendre toutes les valeurs de zéro à l'infini. Je pense avoir ainsi construit une suite *complète* de tous les développements en fonctions sphériques, nuls sur le rivage, sans double emploi. Le développement général sera donc

$$\Omega = \Sigma A_p^N \Theta_p^N \qquad (A_p^N \text{ arbitraires}),$$

et se prêterait à une application de la méthode de Ritz aux phénomènes définis par une fonction assujettie à être nulle sur le rivage et déterminée par une équation aux dérivées partielles dans le domaine océanique.

Il serait évidemment avantageux de former, par les méthodes classiques, une suite de combinaisons linéaires des Ω_p^N, normalisée pour chaque problème océanique particulier.

Remarque. — Si la forme des côtes est compliquée et si le nombre des intersections des parallèles est 4, 6, ... (toujours pair), on partira de

$$\Omega_{11n} = \sin^2 \frac{\alpha - f_1}{2} \sin^2 \frac{\alpha - g_1}{2} \sin^2 \frac{\alpha - f_2}{2} \sin^2 \frac{\alpha - g_2}{2} \cdots$$

Il faudra seulement distinguer s'il y a un ou plusieurs continents. Dans le premier cas le même multiplicateur entier p devra être employé pour tous les arcs; dans le second (deux continents), on devra combiner de toutes les façons un multiplicateur entier p pour les arcs $\frac{\alpha - f_2}{2}$, $\frac{\alpha - g_1}{2}$ du premier continent et un autre, q, pour les arcs $\frac{\alpha - f_2}{2}$, $\frac{\alpha - g_2}{2}$ du second continent, etc.

3. Formons maintenant un développement harmonique prenant une valeur donnée en chaque point côtier. *Soit, dans le cas simple de deux points côtiers seulement sur chaque parallèle,* F(μ) *la valeur prise sur la partie de la côte définie par* $\alpha = f(\mu)$ *et* G(μ) *sur la partie de la côte* $\alpha = g(\mu)$.

Je développerai pour cela la somme

$$\Phi = \frac{F(\mu) \cos^2 \frac{\alpha - f}{2} \sin^2 \frac{\alpha - g}{2} + G(\mu) \cos^2 \frac{\alpha - g}{2} \sin^2 \frac{\alpha - f}{2}}{\sin^2 \frac{f - g}{2}},$$

en prenant F et G nulles de $\mu = -1$ à $\mu_1 (f = g)$ et de $\mu_2 (f = g)$ à $+1$.

L'addition de Ω, avec son infinité de coefficients arbitraires, donnera à $\Phi + \Omega$ toute la souplesse nécessaire.

Si les parallèles rencontrent les côtes en 4, 6, ... points, Φ sera formé

d'une somme de termes tels que

$$F(\mu)\cos^2\left(\frac{\alpha-f}{2}\right)\frac{\sin^2\frac{\alpha-g}{2}}{\sin^2\frac{f-g}{2}}\frac{\sin^2\frac{\alpha-h}{2}}{\sin^2\frac{f-h}{2}}\frac{\sin^2\frac{\alpha-k}{2}}{\sin^2\frac{f-k}{2}}\cdots,$$

dont le mode de formation est clair.

4. Le même procédé de développement est applicable sur les *corps de révolution* pour lesquels on connaît la suite des fonctions harmoniques et les formules de développements, par exemple, les ellipsoïdes de révolution allongés ou aplatis, les hyperboloïdes de révolution à une ou à deux nappes, les paraboloïdes de révolution, certains tores de révolution.

5. Le *plan* est particulièrement intéressant. Prenons des coordonnées polaires α, ϖ, et entourons le domaine à 'étudier d'une circonférence de rayon R. Nous pouvons imiter le travail décrit aux paragraphes 2 et 3, en remplaçant les fonctions sphériques par des fonctions de Bessel (par exemple), $J_n(\lambda_{n,k}\varpi)$ où les $\lambda_{n,k}R$ annulent J_n (ou par tel autre système de fonctions de ϖ formant une suite complète, bien préparée pour le développement en série d'une fonction arbitraire de ϖ), on formera ainsi, *mutatis mutandis*, tous les développements analogues aux Ω_p^N, valables dans toute l'aire du cercle R, et nuls sur les contours frontières tracés à son intérieur. De même pour Φ.

On peut également faire les développements relatifs à tout l'extérieur des contours donnés; mais les séries seront remplacées par des intégrales en $J_n(\lambda\varpi)\,d\lambda$, et en $K_n(\lambda\varpi)\,d\lambda$, de seconde espèce.

S'il y a 4, 6, ... points de rencontre de chaque circonférence avec le contour, — si le contour délimite plusieurs domaines distincts — on se reportera aux remarques déjà faites à la fin du paragraphe 3.

6. *Contour.* — Dans le cas analytique le plus simple, l'équation du contour est

$$[\alpha-f(\mu)][\alpha-g(\mu)]=0 \qquad \text{ou} \qquad \alpha^2-S(\mu)\alpha+\Pi(\mu)=0$$

et le contour utile dans le problème physique est donné par les racines réelles; mais les racines imaginaires conjuguées sont utilisées [de $\mu=-1$ à $\mu=+1$; ou de $\varpi=0$ à $\varpi=\varpi_0$ ou même ∞] pour le calcul du développement.

Or, à condition de renoncer à la forme analytique pure, si rien ne l'impose, je puis, — par des développements en séries ou en intégrales de Fourier, par exemple, — former deux fonctions, S_1, Π_1, égales à zéro dans

l'intervalle $\eta_1 \rightarrow \mu_2$ qui correspond au contour, et arbitraires en dehors, l'équation $\alpha^2 - (S + S_1)\alpha + \Pi + \Pi_1 = 0$ fournira encore la même côte, et elle seule, pourvu que, en dehors de $\mu_1 \rightarrow \mu_2$, $(S + S_1)^2 - 4(\Pi + \Pi_1)$; soit négatif.

Numériquement, on peut donc utiliser, sans changer les côtes, des données très largement arbitraires, dans les intervalles $-1 \rightarrow \mu_1$, $\mu_2 \rightarrow +1$, extérieurs au continent. C'est une circonstance dont on pourra user librement pour compléter les données numériques relevées sur une carte, en prenant arbitrairement $f_1(\mu)$ et $f_2(\mu)$ dans $f = f_1 + if_2$, $g = f_1 - if_2$ hors de l'intervalle $\mu_1 \rightarrow \mu_2$.

7. *Représentation conforme.* — Ayant construit ainsi le développement le plus général — en fonctions de Bessel par exemple — qui prenne des valeurs données sur un contour, simple ou multiple, on pourra la prendre comme point de départ de l'application de la *méthode de Ritz* pour assujettir cette fonction à une équation aux dérivées partielles donnée, par exemple à celle des fonctions harmoniques dans le plan, c'est-à-dire à la *représentation conforme* d'un contour arbitrairement donné.

Le fait que les développements indiqués dans cette Note sont bien adaptés aux calculs numériques peut les rendre utiles dans quelques applications techniques, aérodynamiques en particulier.

Remarque. — La construction de ces développements est, je crois, nouvelle. Mais c'est du travail purement formel, et il resterait un gros travail de mathématiciens à faire pour rendre ces développements — et leurs analogues — utilisables avec sécurité en analyse mathématique.

SPECTROSCOPIE. — *Relations simples du spectre moléculaire avec la structure de la molécule.* Note (1) de M. **H. Deslandres.**

Cette Note est la suite de quatre Notes précédentes, présentées sous le même titre le 29 décembre 1930, les 2 mars, 8 et 22 juin 1931 (2). Ces Notes, consacrées à plusieurs spectres moléculaires infrarouges, font ressortir l'accord de leurs fréquences avec les deux formules (2) et (3)

$$\nu = q\, d_1/rs; \qquad (2) \qquad\qquad \nu = q'\, d_1/r's' \qquad (3)$$

et surtout avec la formule (3) qui apparaît de beaucoup la plus importante;

(1) Séance du 21 décembre 1931.

(2) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 1404, et **192**, 1931, p. 521, 1417 et 1606.

ν étant la fréquence, d_1 étant une constante universelle égale à 1062,5, s étant le nombre des grands anneaux d'électrons dans la molécule, s' étant le nombre des électrons extérieurs d'un des atomes ou son nombre atomique, q, r, q', r' étant des nombres entiers. En réalité le nombre s' n'est pas toujours le nombre total des électrons en dehors du noyau; il représente les électrons excités, et il est parfois réduit aux électrons qui occupent un ou deux anneaux comptés à partir de l'extérieur. Les formules sont ainsi rattachées aux grandes divisions naturelles de la molécule et de l'atome.

Ces formules ont été vérifiées sur 26 molécules distinctes et leurs spectres de réflexion, d'absorption et Raman. Or, dans ces dernières années, l'effet Raman a été l'objet de recherches nombreuses, et le livre important de Kohlrausch, récemment publié, énumère plus de 500 spectres Raman qui, la plupart il est vrai, se rapportent à des molécules organiques complexes. De mon côté, j'ai étudié seulement les molécules les plus simples, examinées avec des appareils puissants, et autant que possible à l'état de gaz. Prochainement je publierai mes résultats sur d'autres molécules, et sur les trois molécules simples, H^2O, SO^2 et C^6H^6, particulièrement intéressantes, et dont le spectre, encore mal élucidé, a été l'objet de discussions et de théories diverses.

Je présente aujourd'hui quelques remarques générales et je complète les Notes précédentes.

Les spectres moléculaires, appelés aussi spectres de bandes, ont été très étudiés dans les régions lumineuse et ultraviolette, et leur structure générale a été reconnue au siècle dernier par la voie expérimentale. Ils offrent la superposition de trois séries de fréquences, qui sont chacune sous la dépendance d'une série particulière de nombres entiers, et ces trois vibrations, surtout pour les études théoriques qui ont suivi, ont été attribuées à la rotation de la molécule, aux actions entre les noyaux, et aux changements de la configuration électronique. Or ces radiations, superposées et confondues dans les parties lumineuse et ultraviolette, sont séparées souvent dans l'infrarouge; les raies dites de vibration et de rotation y sont souvent isolées, et donc plus faciles à reconnaître et à interpréter; d'ailleurs, des vibrations nouvelles peuvent apparaître. On peut espérer beaucoup d'une étude complète des spectres dans cette région jusqu'ici peu accessible. Les formules (2) et (3) ci-dessus ont été déduites des premières observations faites dans l'infrarouge.

Cependant l'hypothèse qui attribue la série des fréquences faibles à la rotation moléculaire m'a toujours paru peu admissible. L'atome dont les

électrons gravitent autour d'un noyau plus lourd a été comparé au système solaire; et la molécule a été rapprochée des étoiles doubles et multiples. Or les systèmes solaire et stellaire n'ont pas la rotation générale de l'ensemble admise dans la molécule; et la formule (3) ci-dessus s'accorde mal avec cette rotation. Par contre les éléments du système solaire et aussi les éléments de l'atome, noyau et électrons, ont leur rotation particulière ([1]).

J'ai été conduit à voir autrement les choses. Dans une molécule binaire, le déplacement des noyaux atomiques peut donner naissance à une radiation; or le groupe d'électrons attaché à chaque noyau suit le déplacement de ce noyau, mais il peut avoir en plus d'autres déplacements à lui particuliers et liés au nombre total de ses éléments, sans modifier sensiblement sa configuration générale. D'où une nouvelle série de radiations, en accord avec la formule (3) et qui jusqu'ici ont été classées comme raies de rotation ou de vibration. On peut même prévoir quatre espèces de ces radiations, qui seraient dues aux actions mutuelles des deux noyaux, à l'action de chaque noyau sur les électrons de l'autre et à l'action mutuelle des deux groupes d'électrons.

Enfin, dans l'action d'un noyau sur les électrons de l'autre atome, on peut concevoir que les électrons les plus proches, c'est-à-dire les électrons du premier anneau extérieur. soient excités seuls et interviennent seuls dans la genèse de la radiation; d'où une valeur plus faible du nombre s' dans la formule (3). A noter d'ailleurs que nous ne connaissons pas encore la force qui rapproche les atomes dans une molécule homopolaire. On admet seulement que la loi de Coulomb n'est plus valable aux très petites distances, et que l'attraction est changée en répulsion suivant une loi qui nous échappe encore. J'ai émis déjà l'idée que la constante d_1 des formules (2) et (3) est liée à cette loi encore inconnue.

Assurément les idées actuelles sur tous ces points sont à réviser; mais, dans l'état actuel des choses, il convient surtout d'accumuler et de rapprocher les faits. Aussi je présente ci-après un nouveau tableau, le Tableau V, qui montre l'accord de la formule (3) avec les raies Raman connues des molécules, telles que H^2 ou Cl^2, molécules formées avec un seul corps simple et donc les plus simples de toutes. J'ai ajouté les raies Raman uniques des gaz simples HCl et HBr ([2]).

([1]) Cette critique ne s'applique pas à la classification très importante de ces trois séries de raies, poursuivie avec l'aide de la théorie des quanta et des niveaux d'énergie.

([2]) Ces fréquences du tableau sont tirées de l'ouvrage de Kohlrausch (1931) *Smekal-Raman-Effekt*, p. 54, 340 et 353.

Les raies du tableau, qui sont les seules de chaque spectre, ou les plus fortes, ont été classées par les auteurs comme raies de vibration; seule la raie ν 20,79 de HCl fait exception; elle a été rattachée à la rotation, étant l'intervalle moyen de raies d'absorption considérées comme rotationnelles. Les colonnes 3 et 4 donnent pour chaque raie le nombre d'électrons et d'anneaux qui sont supposés intervenir. Enfin la colonne 3 met en relief le nombre r' dont l'origine n'est pas bien connue, et qui est imposé par l'observation; il est petit et jusqu'ici au plus égal à 12.

La première raie, due à H^2, a justement un nombre r' égal à 12; mais la constante universelle finalement adoptée pourra être $d_1/3$ et non d_1 auquel cas le nombre r' serait réduit à 4. Les deux fréquences suivantes de C^2 sont rattachées, la première, de beaucoup la plus intense, à l'anneau de 4 électrons, et la deuxième aux deux anneaux, soit à 6 électrons. Comme les nombres 6 et 4 sont dans un rapport simple, on peut rattacher les deux fréquences soit au seul groupe de 4 électrons, soit au seul groupe de 6, soit aux deux à la fois. J'incline à penser que les deux groupes agissent, mais le premier plus que le deuxième parce qu'il est plus voisin du noyau excitateur. De même, dans N^2, les deux anneaux d'électrons doivent intervenir.

De même aussi avec O^2; mais en plus avec O^2, tout se passe comme si la molécule avait ses deux atomes souvent ionisés et en sens contraire; d'où l'apparition de $d_1/5$ et $d_1/7$, de $d_1/7$ et de $d_1/9$. Le spectre infrarouge de H^2O offre la même particularité, et plus nettement encore, les raies rattachées à $d_1/7$ et $d_1/9$ étant nombreuses et dans l'infrarouge extrême.

La raie unique de Cl^2 et aussi la raie unique de HCl sont curieuses; car elles sont rattachées non à $d_1/17$, mais à $d_1/7$ et au premier anneau de 7 électrons de Cl. Seule la fréquence ν 20,79, classée comme rotationnelle, est sous la dépendance de $d_1/17$. Enfin la raie unique de HBr donne un résultat analogue; elle est rattachée aux 17 électrons du grand anneau de l'atome Br, et aussi aux 7 électrons du sous-anneau.

La première raie de HCl, attribuée jusqu'ici à une action entre les deux noyaux, est rattachée à une action du noyau de H sur les 7 électrons de l'anneau extérieur de Cl. La deuxième raie, attribuée à la rotation de la molécule, est due à l'action du noyau de H sur les 17 électrons de Cl; elle est moins intense que la première raie, les électrons plus éloignés étant activés moins souvent.

Finalement les fréquences Raman du tableau sont en bon accord avec la formule et avec les anneaux d'électrons. Une fréquence moléculaire étant donnée, on recherche les nombres entiers n pour lesquels un multiple de d_1/n reproduit la fréquence; et, comme on l'a vu plus haut pour l'oxy-

gène, on peut en tirer des indications utiles sur la structure intime de la molécule ou sur les modifications imposées par le rayonnement.

TABLEAU V. — *Fréquences infrarouges de molécules simples.*

Molécule.	Fréquence de la raie ou bande en cm^{-1}.		Multiple de $d_1/r's'$ et résidus.		Nombre s' et anneaux d'électrons.
H^2 gaz...	Raman	4162,1	$= 47d_1/3\times 4$	+0,6	
C^2 cristal.	id.	1332,0	$= 5d_1/4$	+3,9	4 — C, 1[er] anneau
	id.	1240,0	$= 7d_1/6$	+0,4	6 — C, les 2 anneaux
N^2 gaz...	Raman	2331,0	$= 11d_1/5$	—6,6	5 — N, 1[er] anneau
			$= 46d_1/7\times 3$	+3,6	7 — N, les 2 anneaux
O^2 gaz...	id.	1554,7	$= 35d_1/6\times 4$	+5,2	6 — O, 1[er] anneau
			$= 35d_1/8\times 3$	+5,2	8 — O, les 2 anneaux
			$= 22d_1/5\times 3$	—3,6	5 — O^+ 1[er] anneau
			$= 41d_1/7\times 4$	—1,1	7 — O^-, 1[er] anneau
			$= 79d_1/9\times 6$	+0,3	9 — O^-, les 2 anneaux
Cl^2 gaz...	Raman	556	$= 11d_1/7\times 3$	—0,5	7 — Cl, 1[er] anneau
HCl gaz..	Abs. et Raman	2886	$= 19d_1/7$	+2,1	7 — Cl, 1[er] anneau
	id.	20,79	$= d_1/17\times 3$	—0,04	17 — Cl, les 3 anneaux.
HBr gaz.	id.	2558	$= 41d_1/17$	—4,3	17 — Br, 1[er] anneau
			$= 101d_1/7\times 6$	+2,3	7 — Br, part. du 1[er] an.

PÉTROGRAPHIE. — *Origine secondaire de la structure radiée des oolithes marines anciennes.* Note [1] de M. **L. Cayeux.**

Toute oolithe typique est un globule calcaire se résolvant en deux parties bien distinctes : un noyau constitué par un corps étranger de nature variable et une enveloppe formée de feuillets très minces, ordonnés concentriquement autour du noyau. Tantôt, la structure des oolithes est exclusivement concentrique; tantôt et le plus souvent, elle est à la fois concentrique et radiée, et il arrive qu'elle soit simplement radiée.

De la structure concentrique, il n'y a rien à dire ici, sauf qu'on la tient toujours pour originelle. Quant à la structure radiée, il est impossible de savoir si les nombreux auteurs qui ont étudié les oolithes la considèrent comme primitive ou acquise plus ou moins tardivement, question qui n'est d'ailleurs jamais posée.

Autant il est facile de dégager la signification de la structure concentrique dans une foule d'oolithes où elle est franchement exprimée, autant il est difficile d'interpréter la structure radiée. La différence essentielle entre

[1] Séance du 21 décembre 1931.

les deux éléments de structure, lignes concentriques et lignes radiées, ressort clairement du fait que beaucoup d'oolithes se brisent ou éclatent suivant des lignes concentriques, correspondant à des plans de discontinuité de la matière, alors qu'on n'observe jamais rien de pareil dans le sens des rayons. Sans entrer dans le détail des choses, on peut dire que la structure radiée résulte d'une différenciation de la matière qui n'en garde pas moins sa continuité.

A la lumière des faits suivants, qui ne sont pas les seuls à invoquer, il ne semble pas que la structure radiée des oolithes puisse être originelle :

1° Des calcaires hettangiens de la région des Vans (Ardèche), dont les oolithes sont caractérisées par une structure radiée admirablement développée, combinée à une structure concentrique non moins nette, permettent d'observer que les rayons sortent du cadre des oolithes et se prolongent dans la gangue calcaire voisine.

Des oolithes à structure très fine, d'origine indubitablement marine, réunies en grand nombre dans des calcaires, rapportés du Congo belge par M. F. Delhaye, montrent également une structure radiée empiétant largement sur le ciment (Calcaire de Luozi du système schisto-calcaire).

2° Un autre exemple tiré de l'Hettangien de Saint-Paul-le-Jeune (Ardèche) plaide aussi dans le même sens. Des oolithes, aux divisions radiées, nombreuses et très marquées, comme elles le sont généralement dans ce gisement, nous les montrent envahissant les noyaux dans toute leur épaisseur.

3° Un argument très décisif est fourni par les oolithes de formation récente que j'ai pu étudier, grâce à l'obligeance d'A. Agassiz et surtout de M. Th. W. Vaughan. Les nombreux matériaux oolithiques recueillis par M. Th. W. Vaughan dans les formations récifales des Bahamas et de la Floride ne renferment pas une seule oolithe à structure radiée, l'unique structure visible étant concentrique.

A la différence de la structure concentrique, la structure radiée ne se développe donc pas au fur et à mesure que l'oolithe s'accroît. De toute évidence, elle prend naissance lorsque la concrétion est entièrement formée et après sa mise en place, Et c'est ainsi qu'elle peut s'étendre au delà de l'enveloppe feuilletée. Toutes les fois qu'elle se prolonge dans le ciment, on est fondé à conclure que sa genèse se rattache intimement à l'épisode de la consolidation de la gangue, ce qui ne veut pas dire qu'elle ait suivi de très loin la sédimentation.

Bref, la structure radiée des oolithes marines anciennes est une structure acquise secondairement, indépendamment de la structure concentrique.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Étude des spirochètes des trois premiers cas de fièvre récurrente hispano-africaine, rencontrés en Tunisie.* Note [1] de MM. **Charles Nicolle, Charles Anderson** et **Jean Laigret.**

Les travaux de l'Institut Pasteur de Tunis ont montré l'existence, au Maroc puis en Tunisie, du spirochète découvert en Espagne par S. de Buen dans une fièvre récurrence particulière, dont on lui doit la connaissance. Du fait de cette extension, la maladie sera désignée ici sous le nom de *fièvre récurrente hispano-africaine*.

Les cas, constatés en Tunisie (deux par F. Le Chuiton, le troisième par l'un de nous), appartiennent à la région septentrionale (Bizerte, Ferryville, Tunis).

La maladie s'est présentée sous la forme ordinaire des récurrentes, transmises par des tiques. Les malades, traités par les arsenicaux, ont montré 2 ou 3 accès, séparés par des intervalles qui ont atteint jusqu'à 10 et 20 jours. Il n'a pas été observé d'iridochoroïdite.

Les trois spirochètes isolés appartiennent au groupe *Sp. hispanicum*. Nous les désignerons par les lettres Z, B, R.

Étude expérimentale. Pouvoir pathogène. — *Cobaye*. — Très sensible, mortalité assez fréquente avec Z. Spirochètes nombreux dans le sang. 1 à 6 accès, généralement 2 ou 3. — *Rats et Souris*. Sensibles. Spirochètes nombreux ou assez nombreux. 2 ou 3 accès. — *Singes*. Un singe, inoculé avec le virus Z, a présenté, après une incubation de 3 jours, deux accès de 3 et 5 jours, séparés par un intervalle de 4 jours. Spirochètes nombreux. Pas de singe inoculé avec le virus B. Quatre singes ont reçu le virus R, dont trois inoculés avec le sang, un avec le produit du broyage de poux. L'incubation a été de 3 jours pour les trois premiers; impossible à fixer pour le quatrième. Nombre des accès 1, 2, 3 et 5, d'une durée de 1 à 6 jours; intervalles 2 à 5 jours; longueur totale de la maladie (jugée par la persistance des spirochètes dans le sang) 8 à 35 jours (ce dernier chiffre pour le singe inoculé avec les poux).

Vaccination réciproque. — L'infection déterminée par chacun des trois virus immunise les animaux guéris contre la réinoculation du même virus. Aucune vaccination contre les spirochètes de groupes différents (*Sp. duttoni*, *Sp. normandi*) ou contre les spirochètes du même groupe (*Sp hispa-*

(1) Séance du 21 décembre 1931.

nicum), qu'il s'agisse de spirochètes marocains (2 souches, l'une humaine, l'autre isolée d'ornithodores) ou tunisiens (nos trois souches).

TRANSMISSION EXPÉRIMENTALE. — 1° *Par Ornithodores*. — Nous avons fait transmettre le spirochète Z par *Orn. erraticus* et *Orn. savignyi* à l'état nymphal et par piqûre. Dans les mêmes conditions, des nymphes d'*Orn. erraticus* ont transmis le virus R. Aucune expérience n'a été pratiquée avec B.

2° *Par poux*. — Échec avec Z. Adaptation incomplète ou survie prolongée chez le pou avec R. Pas d'expérience avec B.

MODE DE TRANSMISSION NATUREL. — Nous n'avons pu découvrir d'ornithodores au voisinage des points où se sont *vraisemblablement* infectés les malades des cas Z et R. Aucune enquête pour le cas B. Il y a tout lieu de penser que l'agent transmetteur est *Orn. erraticus* qui joue ce rôle en Espagne et au Maroc. Cette tique est répandue dans toute la Tunisie. Elle s'est, en outre, montrée capable, dans nos expériences, de transmettre les virus Z et R par piqûres (aucune expérience avec B).

INDIVIDUALITÉ DES SPIROCHÈTES TUNISIENS DU GROUPE *Sp. hispanicum*. — L'étude des propriétés pathogènes montre que les trois échantillons étudiés appartiennent au groupe *Sp. hispanicum*. Suivant la règle, formulée souvent par nous, ils se comportent, les uns vis-à-vis des autres, au point de vue des immunités croisées, comme des types différents spécifiquement.

Nous répétons qu'il n'existe pas d'espèces chez les spirochètes récurrents, mais des groupes.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les surfaces admettant un réseau triangulaire de lignes parallèles*. Note [1] de M. T. LEVI-CIVITA.

1. M. Drach vient de déterminer (*Comptes rendus* du 16 novembre 1931) tous les ds^2 admettant un réseau triangulaire de lignes géodésiques. C'est un problème posé jadis par Finsterwalder, auquel M. Volk a apporté récemment des contributions remarquables; son intégration complète avait toutefois résisté aux efforts des géomètres. On le ramène, par un choix convenable de coordonnées curvilignes sur la surface, à la forme suivante :

---

[1] Séance du 7 décembre 1931.

Trouver tous les

$$ds^2 = e\,du^2 + 2f\,du\,dv + g\,dv^2, \tag{1}$$

pour lesquels les trois familles de lignes

$$u = \text{const.}, \qquad v = \text{const.}, \qquad v - u = \text{const.} \tag{2}$$

sont *géodésiques*.

Il paraît donc assez naturel d'envisager la question analogue, où l'on impose aux courbes des familles (2) la condition d'être *parallèles*, au lieu d'être géodésiques. Comme les trajectoires orthogonales d'une famille de géodésiques sont des courbes parallèles et réciproquement ([1]), on serait tenté de croire que les deux problèmes sont à peu près équivalents, dans ce sens que leurs solutions présentent le même degré de généralité et dépendent d'opérations analytiques du même rang. Mais il n'en est pas exactement ainsi.

On va voir en effet que la première présomption seule est vraie, c'est-à-dire que la généralité de la solution reste la même, dépendant aussi dans le cas des familles de courbes parallèles, *de trois fonctions d'un argument;* au contraire il y a, quant à l'intégration, une grande simplification vis-à-vis du problème géodésique, *les coefficients du ds^2 le plus général pouvant être déterminés par voie purement algébrique.*

Voici les considérations très élémentaires qui établissent les deux circonstances susdites.

2. Introduisons, à côté des coefficients e, f, g, le déterminant

$$a = eg - f^2 \tag{3}$$

et les éléments réciproques

$$E = \frac{g}{a}, \qquad F = -\frac{f}{a}, \qquad G = \frac{e}{a}. \tag{4}$$

On a les formules équivalentes

$$\frac{1}{a} = EG - F^2, \tag{3'}$$

$$e = aG, \qquad f = -aF, \qquad g = aE, \tag{4'}$$

d'après lesquelles il suffit de calculer E, F, G pour en tirer explicitement e, f, g.

([1]) Voir notamment DARBOUX, *Leçons sur la théorie générale des surfaces*, 2, Livre V, Chap. V.

Le paramètre du premier ordre d'une fonction quelconque $\varphi(u, v)$ est défini par

(5) $$\Delta\varphi = E\varphi_u^2 + 2F\varphi_u\varphi_v + G\varphi_v^2,$$

où $\varphi_u = \frac{\partial\varphi}{\partial u}$, $\varphi_v = \frac{\partial\varphi}{\partial v}$; et la condition pour qu'une famille

$$\varphi(u, v) = \text{const.}$$

soit formée de lignes parallèles s'exprime sous la forme

$$\Delta\varphi \text{ est fonction du seul argument } \varphi.$$

3. Cela posé, écrivons que chacune des familles (2) est formée de courbes parallèles. On aura les trois équations

(6) $$\Delta u = U, \qquad \Delta v = V, \qquad \Delta(v - u) = W,$$

où U, V, W désignent des fonctions arbitraires des seuls arguments u, v, $v - u$ respectivement.

Ces équations s'explicitent sous la forme

$$E = U(u), \qquad G = V(v), \qquad E + G - 2F = W(v - u),$$

d'où

$$E = U, \qquad 2F = U + V - W, \qquad G = V.$$

On en tire, à cause de (3′),

(7) $$\frac{1}{a} = EG - F^2 = -\frac{1}{4}(U - V)^2 - \frac{1}{4}W^2 + \frac{1}{2}W(U + V),$$

après quoi les expressions (4′) des coefficients e, f, g deviennent

(8) $$e = aV, \qquad f = -\frac{1}{2}a(U + V - W), \qquad g = aU,$$

a étant donné par (7) en fonction de U, V, W. Il en résulte bien que la solution générale du problème qu'on vient de traiter dépend de trois fonctions arbitraires d'un argument, précisément comme l'intégrale générale de M. Drach pour le cas géodésique. Mais ici il n'y a aucune intégration à faire, tout s'exprime en termes finis.

Remarques au sujet de la Note de M. T. Levi-Civita (¹), par M. **J. Drach.**

La Communication précédente fait connaître explicitement une classe nouvelle, *étendue*, d'éléments linéaires au sujet desquels des problèmes, d'ailleurs difficiles, se posent : détermination (au moins pour des cas particuliers) des lignes géodésiques et de surfaces possédant ces éléments, etc. Ce qui suit est tout à fait simple.

Si l'on exige qu'une *quatrième* famille de courbes $v + ku = \text{const.}$ (où $k \neq 0, 1$) soit formée de lignes parallèles, on trouve sans difficulté que toutes les courbes $v + ku = \text{const.}$ sont, *quel que soit* k, des lignes parallèles. Les valeurs de E, F, G sont alors

$$E = u^2 + \alpha, \qquad F = uv + \beta, \qquad G = v^2 + \gamma,$$

α, β, γ désignant trois constantes arbitraires, d'où l'on déduit un élément linéaire

$$ds^2 = a[(v^2 + \gamma)\,du^2 - 2(uv + \beta)\,du\,dv + (u^2 + \alpha)\,dv^2]$$

où l'on a

$$\frac{1}{a} = EG - F^2 = \alpha v^2 + \gamma u^2 - 2\beta uv + \alpha\gamma - \beta^2,$$

élément dont la forme est *voisine* de celle qui convient aux surfaces à courbure constante : on a cette dernière en multipliant par a et les géodésiques en sont les droites du plan (u, v). En posant

$$\varphi = v + ku,$$

ce qui donne

$$\Delta\varphi = \varphi^2 + \alpha k^2 + 2\beta k + \gamma = \varphi^2 + \omega,$$

l'introduction de θ défini par la quadrature

$$d\theta = \frac{d\varphi}{\sqrt{\varphi^2 + \omega}}, \qquad \text{c'est-à-dire} \qquad \theta = \log(\varphi + \sqrt{\varphi^2 + \omega}),$$

conduit à $\Delta\theta = 1$ et par suite, *les lignes géodésiques trajectoires orthogonales des lignes* $\varphi = \text{const.}$ *sont données par l'équation* $\frac{\partial\theta}{\partial k} = l$, où l et k désignent les deux constantes arbitraires (Jacobi).

Ces lignes géodésiques, dont l'équation finie peut s'écrire

$$[v(\alpha k + \beta) - u(\beta k + \gamma)]^2 = l^2[(v + ku)^2 + \alpha k^2 + 2\beta k + \gamma],$$

(¹) Séance du 7 décembre 1931.

sont ainsi représentées, pour chaque valeur de k, par des *coniques bitangentes*.

Enfin les conclusions de l'éminent Correspondant de l'Académie s'étendent immédiatement à la généralisation indiquée à la fin de ma Note du 16 novembre, c'est-à-dire au cas où les tangentes à une courbe de *troisième classe*, dont l'équation tangentielle :

$$\Phi(uv' - v, v') = 0$$

peut être réduite par transformation projective, représentent trois familles de courbes parallèles.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur les éclairs en chapelet avec traits.* Note [1] de M. E. **Mathias**.

1. Différent de l'éclair en chapelet avec grains de Gaston Planté, la première observation du phénomène fut donnée ainsi : « Ces éclairs répétés sont toutes les fois *comme autant de traits de feu interrompus*. Et j'explique le phénomène par la pression trop violente que le *feu de la foudre* produit dans l'air : c'est pourquoi alors l'élasticité de l'air réagit par des détentes continuelles, et en interrompt momentanément le cours » [2].

Luizet, le 15 août 1907, au mont Sappey (altitude 1000^m) près Grenoble, retrouva le même phénomène : « Vers 20^h, j'ai vu un éclair vertical, peu sinueux, mais très brillant, suivi à une seconde d'intervalle d'un deuxième éclair *en chapelet*, exactement à la même place que lui et présentant les mêmes sinuosités. D'autres personnes ont vu comme moi ces deux éclairs successifs : le premier brillant et continu, le second bien moins intense, rouge et *formé d'une série de traits lumineux.* »

Sept secondes après le premier éclair, un seul bruit sec de tonnerre s'est fait entendre : l'éclair s'est donc produit à un peu plus de 2^{km} du point où je me trouvais et, par comparaison avec les objets tels que maisons, arbres, etc. vus à cette distance, j'estime à 30^m au moins la longueur des *traits lumineux* composant le second éclair et à 20^m celle des intervalles les séparant.

---

(1) Séance du 21 décembre 1931.

(2) *Trattenimenti fisici* d'Ariste et d'Eudoxe, ou *Physique nouvelle* en dialogues, ornée de nombreuses figures, par le Père Regnault, de la Compagnie de Jésus, t. 4, Venise, 1736, p. 163.

Sur la longueur totale de l'éclair, il ne devait pas y en avoir beaucoup plus d'une vingtaine » ([1]).

En admettant $1^{cm},5$ pour le rayon de l'éclair, le volume d'un trait lumineux est sensiblement 21,2 litres, ce qui correspond à une sphère de $17^{cm},2$ de rayon; il s'agit donc d'une décharge de faible intensité.

Si l'on veut bien se reporter à notre Note précédente ([2]), le phénomène *avec traits* diffère du phénomène *avec grains* en trois points. D'abord *il n'y a pas de filet;* donc le *temps de repos* est toujours supérieur au dixième de seconde; de plus, la décharge en chapelet avec traits est toujours *ultime*, et elle est une *décharge d'épuisement* pour deux raisons, parce que ultime et parce que si l'on appelle l et l' les longueurs respectives des traits brillants et des espaces obscurs qui les séparent, le débit de l'éclair en chapelet avec traits comparé au débit moyen de la décharge continue préliminaire *supposée de même diamètre* est $\frac{l}{l+l'}$. Ainsi la décharge en chapelet est plus faible que la moyenne des décharges préliminaires. Étant plus faible, comme dernière conséquence, *elle doit être d'une couleur plus voisine du rouge*, d'autant que les décharges préliminaires se recouvrent en partie. Dans l'éclair de Luizet, les traits sont *rouges*, l'éclair continu étant *blanc;* et, dans l'exemple qui va suivre, les traits sont *jaune foncé*, la partie continue étant *jaune clair*. Ces deux exemples vérifient bien la règle énoncée.

2. Il est vraisemblable que l'éclair en chapelet *avec traits* ait un parallélisme étroit de particularités avec l'éclair *à grains;* de même que les grains peuvent être plus ou moins gros, les traits peuvent être plus ou moins longs, *plus ou moins larges*. De même, aux grains irréguliers doivent correspondre des traits lumineux inégalement longs et inégalement espacés *quand la matière fulminante est hétérogène*. C'est ce que montre l'observation suivante, due à M. Pierre, mécanicien de la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand.

« Un jour de la première quinzaine de septembre 1931, vers 8^h du matin, au cours d'un assez violent orage, je regardais d'une fenêtre située face à *l'Est* les éclairs sillonnant le ciel. A un moment donné, j'ai vu un éclair allant du *Nord* au *Sud* en descendant, lequel, partant de la partie supérieure du ciel, disparut derrière le plateau de Gergovie. Cet éclair, incliné d'environ 30° sur l'horizon, affectait une forme presque rectiligne, *comme*

([1]) LUIZET, *Comptes rendus*, 145, 1907, p. 780.

([2]) E. MATHIAS, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1140.

un ruban incomplètement tendu. La largeur du ruban était approximativement le dixième du diamètre apparent de la pleine lune, soit 3′ environ.

» Puis, sans que l'œil ait pu apprécier les transformations, *j'ai vu nettement la bande formée par l'éclair sectionnée en un grand nombre de tronçons lumineux, de longueurs très inégales, séparés par des intervalles obscurs.* Dans sa phase dernière, on pouvait la partager en cinq parties A, B, C, B′, A′, en allant du *Nord* au *Sud*. La partie centrale C était constituée par de longues bandes, *jaune foncé, rectangulaires*, séparées par des intervalles obscurs plus petits et de même forme.

» Les régions extrêmes A, A′ étaient constituées par des bandes jaune foncé plus petites, séparées par des intervallee obscurs moindres que les parties éclairées, *mais également rectangulaires.*

» Au contraire, les deux régions intermédiaires B, B′ étaient *des régions inégalement importantes de cassures obliques*, notablement plus étroites que les précédentes, laissant entre elles des parties éclairées petites, *mais triangulaires ou en forme de trapèzes.*

» Puis le tout a disparu sans phénomène nouveau perceptible à l'œil. La durée totale a été d'environ 2 secondes; la couleur était à l'origine *jaune clair* avec un léger soupçon de violet et a fini par être *jaune foncé.* La première couleur était celle de la bande continue, et la couleur foncée celle de la partie tronçonnée, sans avoir pu apprécier le passage de l'une à l'autre.

» Je joins un croquis représentant aussi exactement que possible l'éclair quant à sa forme. »

Cette belle observation, minutieusement détaillée, confirme le parallélisme des deux variétés de l'éclair en chapelet et met bien en évidence le refroidissement de la matière fulminante dans la seconde phase du phénomène par le passage de la couleur *jaune clair* à la couleur *jaune foncé.*

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Marcottage naturel des rhizomes aériens du* Tanacetum Balsamita *greffé sur* Chrysanthemum frutescens. Note [1] de M. **Lucien Daniel.**

Au printemps 1901, j'ai greffé pour la première fois de jeunes tiges annuelles de *Tanacetum Balsamita* sur jeunes boutures de *Chrysanthemum frutescens* [2]. L'épibiote, placé au-dessus du sol, ne peut, au moment du

(1) Séance du 21 décembre 1931.

(2) Lucien Daniel, *Théorie des capacités fonctionnelles*, 1902, p. 243.

passage à l'état de vie ralentir, former ses organes souterrains de propagation. Sur lui apparaissent des rhizomes aériens à feuilles en rosette, d'autant plus développés qu'ils sont plus voisins du sol ([1]). En empêchant l'hypobiote de geler l'hiver, j'ai pu conserver l'épibiote qui, normalement annuel, devient vivace.

En 1925 ([2]), j'eus l'idée de bouturer les rhizomes aériens ainsi produits. J'obtins des plantes très vigoureuses qui fleurirent abondamment et atteignirent $1^m,90$ de hauteur. A l'automne, les inflorescences se desséchèrent, mais les tiges aériennes donnèrent des rhizomes aériens pendant que se formaient des organes souterrains de propagation. Toutes ces plantes provenant de boutures passèrent l'hiver en plante terre; leur appareil aérien persista et il en fut de même les années suivantes. L'hérédité des caractères acquis était donc complète.

L'année 1930 fut très humide. Toutes mes plantes furent vivement attaquées par les Mollusques au début de la pousse. Plus tard les feuilles furent atteintes par la *Puccinia Tanaceti Balsamitæ* Strauss, qui les fit prématurément tomber. Quelques exemplaires périrent en entier à la suite de ces attaques; d'autres persistèrent seulement par leurs parties souterraines comme les témoins autonomes. Quatre pieds plus vigoureux conservèrent quelques tiges persistantes avec rhizomes aériens disposés chez les unes comme précédemment et chez les autres en touffes, exclusivement au sommet, à des hauteurs variables atteignant jusqu'à 70^{cm}, et situées à la base des inflorescences desséchées (*fig.* 1).

Ces touffes de rhizomes terminés en rosettes se sont comportées cette année de façon très curieuse et inattendue. Au printemps, elles grossirent et se multiplièrent. Leur poids augmentant progressivement, la tige dénudée qui les portait s'inclina peu à peu et finit par se coucher sur le sol (*fig.* 2). Au contact de la terre humide, des racines adventives et des tiges aériennes se formèrent, puis celles-ci fleurirent à deux reprises. Plus tard, sur ces tiges se sont formés quelques rhizomes aériens avec rosettes de feuilles et, à leur base, sont apparus de nouveaux organes souterrains de propagation, comme dans les boutures originelles.

([1]) Parfois on rencontre chez la plante autonome, comme chez diverses espèces de plantes vivaces par leurs organes souterrains, des tiges aériennes persistant un certain temps et portant ces sortes de rhizomes aériens. Ce phénomène est accidentel chez les plantes autonomes tandis qu'il est général et beaucoup plus important chez les mêmes espèces greffées au-dessus du sol à une hauteur convenable.

([2]) Lucien Daniel, *Études sur la greffe*, 3, 1930, p. 1178.

Enfin chez quelques-uns des pieds qui n'avaient pas conservé leurs tiges aériennes pendant l'hiver apparurent à l'automne de cette année deux sortes

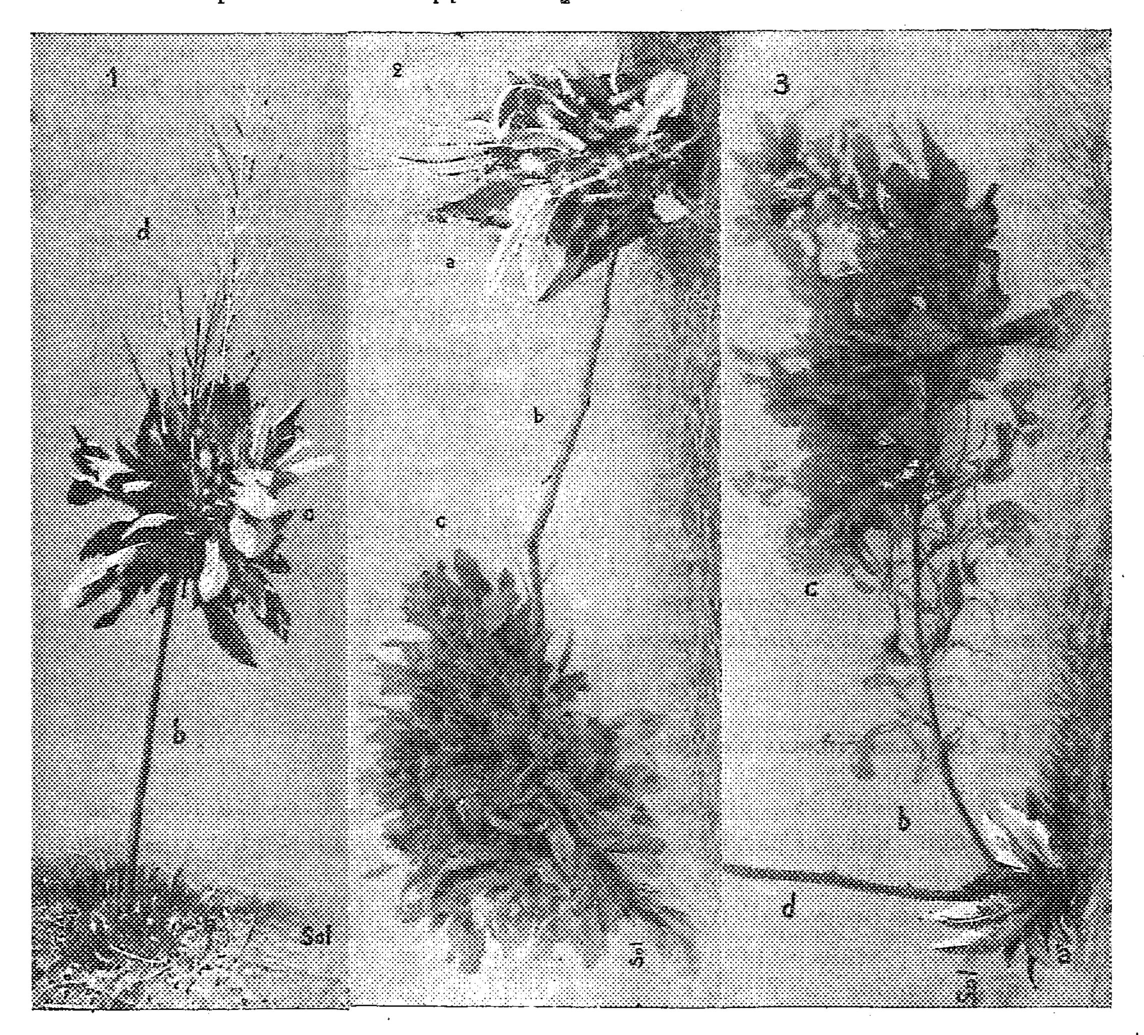


Fig. 1 : Tige aérienne *b* provenant d'une bouture de *Tanacetum Balsamita* greffé et commençant a s'incliner sous le poids de la touffe de rosettes *c*; *a*, feuilles des organes souterrains de propagation; *d*, restes de l'inflorescence desséchée. — Fig. 2 : La tige aérienne *b* et la touffe de rosettes *c* sont couchées sur le sol; les organes souterrains *a* ont des feuilles de plus en plus développées. — Fig. 3 : Tige rampante et persistante sur un pied de bouture dont toutes les tiges aériennes *d* se sont desséchées complètement après floraison; *a*, feuilles des organes souterrains de propagation; *b*, partie de la tige rampante à ramifications espacées; *c*, portion à rameaux touffus, terminée par un léger début d'inflorescence et redressée à son extrémité.

de tiges; les unes se sont desséchées; les autres sont restées vivantes et bien feuillées ; tandis que quelques-unes sont verticales comme chez le type

autonome, les autres (*fig.* 3) sont rampantes et tendent à s'enraciner sur le sol, en même temps que leur extrémité se relève pour donner naissance à un début d'inflorescence.

Pareille acquisition du marcottage et de l'état rampant constitue des changements d'ordre spécifique dans les rythmes de végétation du *Tanacetum Balsamita* provoqués par la symbiose et qui n'ont pas été jusqu'ici, à ma connaissance du moins, signalés chez cette espèce. Ils montrent que le souvenir de la lutte pour l'existence qui s'est exercée entre les symbiotes au moment du passage à l'état de vie ralentie se poursuit chez les descendants bouturés de l'épibiote, cultivés à nouveau à l'état autonome et chez lesquels elle a fait apparaître des caractères qui ne seraient sans doute, jamais apparus sans cela. Ces adaptations, dans le cas envisagé ici, sont tellement rationnelles qu'on les croirait raisonnées s'il ne s'agissait de végétaux.

M. A. Lameere fait hommage à l'Académie d'un *Abrégé de la Classification zoologique* et du Tome II de son *Précis de Zoologie : Caractères fondamentaux des Cœlomates. Les Vers, y compris les Molluscoïdes, les Entéropneustes et les Échinodermes.*

M. Charles Nicolle s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un petit livre : *Biologie de l'Invention*, qui va paraître dans la Collection de philosophie contemporaine de la Maison Alcan.

Je me suis proposé d'étudier, dans ces pages, le phénomène de l'invention en me plaçant au point de vue biologique et en prenant mes exemples dans le domaine que j'ignore le moins, celui de la Biologie.

Le phénomène est considéré comme un accident. Les conditions qui le déterminent sont donc, chez l'inventeur et dans l'acte lui-même, de caractère accidentel.

J'envisage l'origine de cette faculté dans notre espèce et son avenir que compromet l'évolution actuelle de la société humaine vers la perte de l'individualité.

Le livre n'aurait pas été complet si je n'y avais traité de la psychologie de l'inventeur.

M. **E. Mathias** fait hommage à l'Académie de trois Mémoires : *Action de la foudre sur les arbres et les végétaux; Archives de la pluie du Puy-de-Dôme* (en collaboration avec M. P. Bénac); *Sur l'utilité des Archives de la pluie du Puy-de-Dôme*.

Sir **Robert Hadfield** fait hommage à l'Académie de l'Ouvrage qu'il vient de publier sous le titre : *Faraday and his metallurgical Researches*.

Le **Comité du Jubilé scientifique de M. Louis Mangin** adresse l'Ouvrage qu'il a dédié à celui-ci sous le titre : *Travaux cryptogamiques*.

CORRESPONDANCE.

Le **Secrétaire honoraire de la Royal Society of Canada** prie l'Académie de vouloir bien se faire représenter par un de ses membres à la célébration du cinquantième anniversaire de la fondation de la Société, les 26, 27 et 28 mai 1932, à Ottawa.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Royaume d'Italie. Ministère des Travaux publics. XVe Congrès international de Navigation. Venise — Septembre 1931. *La navigation intérieure de la Haute Italie*.

2° *Carbonisation et économie des calories*, par Georges Kimsplin. (Présenté par M. C. Matignon.)

MM. **P. Dorveaux** et **F. Obaton** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les décompositions des fonctions uniformes.* Note (¹) de M. **N. Aronszajn**, présentée par M. Hadamard.

1. M. M. Fréchet a démontré, dans la première partie (p. 37-56) de son Mémoire *Sur certaines décompositions de la fonction complexe uniforme la plus générale* (*Acta math.*, 54, 1930) le théorème suivant (énoncé page 54)

(¹) Séance du 21 décembre 1931.

formant une généralisation remarquable d'un théorème déjà classique de Mittag-Leffler :

THÉORÈME A. — *Soit $f(z)$ une fonction uniforme et holomorphe sur tout le plan sauf aux points d'un ensemble fermé et borné* F [= *ensemble des points singuliers de $f(z)$*] *et soit* E *la somme d'une famille arbitraire de sous-ensembles isolés de* F ([1]). *Dans ces conditions il existe une décomposition*

$$f(z) = f^*(z) + P(z), \tag{1}$$

où $f(z)$ et $P(z)$ sont holomorphes partout où $f(z)$ l'est et en outre, $f^*(z)$ est holomorphe sur l'ensemble E *tandis que $P(z)$ possède $\bar{E}$ (la fermeture de* E) *comme ensemble des points singuliers et s'annule à l'infini.*

Dans la suite de son Mémoire, M. Fréchet démontre le même théorème pour différents sous-ensembles E de l'ensemble F en faisant usage de l'induction transfinie. Comme celle-ci n'intervient pas dans les énoncés obtenus, l'induction transfinie n'apparaît pas comme un élément nécessaire de ces démonstrations. C'est un problème proposé par M. Fréchet dans l'introduction au travail mentionné, d'obtenir directement la démonstration de mêmes résultats.

2. Pour résoudre ce problème il faut tout d'abord remarquer que tous les ensembles E, pour lesquels M. Fréchet démontre le théorème A dans la seconde partie de son Mémoire, sont de la forme

$$E = F - K, \tag{2}$$

où K est un ensemble fermé, somme d'une certaine classe de composants de l'ensemble F (comp. les théorèmes des pages 71-78) ([2]).

Mais les ensembles de la forme (2) sont toujours des sommes d'ensembles isolés dans F et même la possibilité de la représentation (2) constitue une condition nécessaire et suffisante pour que E soit une somme de sous-ensembles isolés de F.

([1]) Un ensemble I de F est dit isolé dans F, lorsque les fermetures des ensembles I et (F — I) n'ont aucun point commun. La notion d'un sous-ensemble isolé dans F est équivalente à la notion d'un sous-ensemble ouvert et fermé dans F. Il en résulte qu'un ensemble isolé I est toujours une somme de composants de F (un composant de F est un sous-ensemble connexe de F qui n'est compris dans aucun autre sous-ensemble connexe de F).

([2]) Les énoncés de ces théorèmes étant un peu différents de celui du théorème A, il faut y prendre comme ensemble E le plus grand sous-ensemble de F sur lequel la fonction $f^*(z)$ (ou celle qui la remplace) est holomorphe.

En effet, si l'ensemble E est une somme d'ensembles isolés dans F, il forme un sous-ensemble ouvert dans F et il est une somme de composants de F [1]. Mais cela nous montre que l'ensemble $K = F - E$ est un ensemble fermé dans F, donc compact en soi, et il est aussi une somme de composants de F. C. Q. F. D.

Supposons maintenant que $E = F - K$, où K possède les propriétés ci-dessus et démontrons que dans ce cas, E est une somme d'ensembles isolés dans F. A cet effet nous ferons usage du lemme suivant :

Lemme. — *Si* C *est un composant de* F *et* G *un ensemble ouvert dans* F *tel que* $C \subset G$ (*c'est-à-dire* C *compris dans* G), *il existe un ensemble* I *isolé dans* F *tel que* $C \subset I \subset G$ [2].

Prenons une suite $\{G_n\}$ des ensembles ouverts dans F tels que

$$K = \prod_{n=1}^{\infty} G_n. \tag{3}$$

Pour chaque composant C de F contenu dans K et pour chaque $n = 1, 2, \ldots$, il existe, d'après le lemme et (3), un ensemble isolé $I_n(C)$ avec $C \subset I_n(C) \subset G_n$. K étant une somme de composants de F, la classe de tous les ensembles $I_n(C)$, pour chaque n fixé, couvre l'ensemble K tout entier. Il y a donc, d'après le théorème de Borel-Lebesgue, un nombre fini des ensembles $I_n(C)$, soit $I_n(C_1), \ldots, I_n(C_{i_n})$, couvrant l'ensemble K. Leur somme S_n contiendra K, sera comprise dans G_n et, de même que $I_n(C)$, isolée dans F [3]. En comparant avec (3) on en obtient

$$K \subset \prod_{n=1}^{\infty} S_n \subset \prod_{n=1}^{\infty} G_n = K, \qquad \text{donc} \qquad K = \prod_{n=1}^{\infty} S_n,$$

et enfin

$$E = F - K = F - \prod_{n=1}^{\infty} S_n = (F - S_1) + (F - S_2) + \ldots + (F - S_n) + \ldots$$

où les ensembles $(F - S_n)$ sont isolés. C. Q. F. D.

On voit ainsi que les théorèmes démontrés par M. Fréchet dans la seconde partie de son travail sont des corollaires de son théorème A, et la démonstration qui nous a servi à l'établir ne fait pas usage des nombres transfinis.

---

(1) Voir la note (1) de la page 1382.

(2) Ce lemme est une autre forme du théorème suivant : *si* $\mathfrak{Z}$ *désigne la décomposition semicontinue de* F *en ses composants, l'hyperespace de* $\mathfrak{Z}$ *est zéro-dimensionnel* (cf. K. Menger, *Dimensionstheorie*, 1928).

(3) La somme, la différence et le produit d'un nombre fini d'ensembles isolés, de même que le complément par rapport à F d'un ensemble isolé, sont des ensembles isolés.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur l'existence de racines carrées dans les groupes continus.* Note [1] de M. **B. de Kerékjártó**, présentée par M. Élie Cartan.

L'analyticité des groupes continus d'ordre 2 a été démontrée par M. Brouwer [2] et l'auteur [3]. Le point de départ dans ces recherches est la démonstration de l'existence de racines carrées des transformations appartenant à un voisinage de l'identité I. Une démonstration de l'existence des racines carrées dans les groupes continus d'ordre n a été présentée par l'auteur dans un cours à la Sorbonne en 1929; celle-ci repose sur les deux propositions suivantes concernant les transformations involutives des variétés à n dimensions.

Théorème 1. — *Toute transformation involutive d'une variété métrique* V *à n dimensions déplace au moins un point par une distance* $> d$, *la quantité positive d ne dépendant que de la variété métrique* V.

Théorème 2. — *Un point invariant isolé d'une variété à n dimensions dans une transformation involutive a l'indice* ± 1.

Le premier de ces théorèmes a été démontré récemment par M. M. H. A. Newman d'une façon très élégante [4]. J'ai démontré le second par des raisonnements analogues.

Soit G un groupe continu d'ordre n. Du théorème 1, il résulte qu'il y a un voisinage U de l'identité I qui ne contient aucune transformation involutive. L'*inversion* définie par la formule $X \to X^{-1}$ (où X est un élément variable de G) n'admet donc aucun point invariant dans U différent de I. Du théorème 2, il s'ensuit que l'indice de l'inversion sur une sphère Σ du centre I située dans U est égal à ± 1. Aussi l'indice de la transformation $X \to X^{-1}S$ sur Σ est égal à l'unité pourvu que la transformation S de G soit suffisamment voisine de l'identité. Par conséquent, la transformation $X \to X^{-1}S$ admet un point invariant T intérieur à Σ; pour celui-ci $T = T^{-1}S$, donc $T = S^{\frac{1}{2}}$.

Ainsi nous avons obtenu la proposition suivante :

Théorème 3. — *Dans un groupe continu fini, il y a un voisinage* V *de l'identité* I *dont toute transformation possède une racine carrée appartenant à*

(1) Séance du 20 juillet 1931.

(2) *Mathem. Annalen*, 69, 1910, p. 181.

(3) *Abhandlungen Mathem. Seminar Hamburg*, 8, 1930, p. 107,

(4) *The Quarterly Journal of Mathem.*, *Oxford Series*, 2, 1931, p. 1.

un voisinage V' *de* I. V' *est aussi petit que l'on veut, pourvu que* V *soit suffisamment petit; c'est-à-dire* $S^{\frac{1}{2}}$ *tend vers* I *lorsque* S *tend vers* I.

Nous allons démontrer la proposition suivante :

THÉORÈME 4. — *Dans un groupe commutatif continu et fini toute transformation admet une racine carrée.*

Pour les groupes commutatifs, nous démontrerons d'abord l'existence des racines carrées dans un voisinage de l'identité, de la façon suivante, sans employer le théorème 2. Nous considérons la transformation auxiliaire, univoque et continue, définie par la formule $X \rightarrow X^2$. Elle est biunivoque dans un voisinage U de I. Soient en effet X_1 et X_2 deux éléments différents, suffisamment voisins de I; si $X_1^2 = X_2^2$, on aurait les relations $(X_1 X_2^{-1})^2 = 1$ et $(X_1 X_2^{-1}) \neq 1$; or la transformation $X_1 X_2^{-1}$ voisine de I ne pourrait pas être involutive, en vertu du théorème 1. Le point I appartient à l'ensemble image de G dans la transformation auxiliaire, donc aussi un voisinage complet V de I appartient à l'ensemble image, d'après le théorème fondamental de M. Brouwer sur l'invariance du domaine. Chaque transformation de G contenue dans V admet donc une racine carrée. Soit S une transformation quelconque de G. D'après un théorème démontré par MM. Cartan et Schreier (¹), on peut représenter S en produit d'un nombre fini de transformations prises dans V : $S = S_1 S_2 \ldots S_r$. Chacune des transformations S_k admet une racine carrée T_k, donc $S = T_1^2 T_2^2 \ldots T_r^2$ et, comme le groupe G est commutatif, $S = (T_1 T_2 \ldots T_r)^2$.

Par les mêmes raisonnements, on démontre l'existence de la $n^{\text{ième}}$ racine d'une transformation quelconque dans un groupe commutatif, continu et fini.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la sommabilité de la série conjuguée d'une série de Fourier.* Note (²) de M. **B. N. Prasad**, présentée par M. Émile Borel.

J'ai discuté (³) le problème de la convergence de la série conjuguée d'une série de Fourier, quand l'intégrale

$$G(x) = \frac{1}{4\pi} \int_0^{\pi} \Psi(t) \operatorname{coséc}^2 \frac{t}{2} \, dt, \tag{1.1}$$

(¹) E. CARTAN, *La théorie des groupes finis et continus et l'*Analysis situs (*Mémorial des Sciences mathém.*, fasc. 42, 1930, p. 7).

(²) Séance du 21 décembre 1931.

(³) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1159-1162.

où

$$\Psi(t)=\int_0^t \psi(u)\,du, \qquad \text{et} \qquad \psi(t)=f(x+t)-f(x-t)$$

existe dans le sens de Cauchy, mais où

(1.2) $$g(x)=\frac{1}{2\pi}\int_0^\pi \psi(t)\cot\frac{t}{2}\,dt$$

n'existe pas nécessairement. Dans cette Note je désire traiter des problèmes de la sommabilité $(c, 1)$ et de la sommabilité abélienne pour ce cas.

Théorème I. — *Si l'intégrale* (1.1) *existe au moins comme une intégrale convergeant non absolument et* $\Psi(t)=O(t)$, *la condition nécessaire et suffisante pour que la série conjuguée soit sommable* $(c, 1)$ *à* $G(x)$ *est que l'intégrale*

$$\int_0^\delta \Psi(t)\frac{\cos nt}{t^2}\,dt$$

est $o(1)$, *où* δ *est un nombre tel que* $0<\delta<\pi$.

Par une analyse assez étendue, on peut démontrer que

$$S_n=\frac{1}{4\pi}\int_0^\pi \Psi(t)\operatorname{cosec}^2\frac{t}{2}\,dt-\frac{1}{4\pi n}\int_{\frac{\pi}{n}}^\delta \Psi(t)\frac{\sin nt}{t^3}\,dt+\frac{1}{4\pi}\int_{\frac{\pi}{n}}^\delta \Psi(t)\frac{\cos nt}{t^2}\,dt+o(1),$$

où S_n est la $n^{\text{ième}}$ somme partielle de Cesàro de la série conjuguée. Quand $\Psi(t)=O(t)$, on peut démontrer que la deuxième intégrale à la droite ci-dessus est $o(1)$. D'où ce théorème.

2. Théorème II. — *Si l'intégrale* (1.1) *existe au moins comme une intégrale convergeant non absolument, la série conjuguée est sommable* $(c, 1)$ *à* $G(x)$, *pourvu que*

$$\int_0^\delta \Psi(t)\frac{\cos nt}{t^2}\,dt=o(1).$$

La démonstration du théorème dépend du lemme :

Lorsque l'intégrale

$$\int_0^\delta \Psi(t)\frac{\cos nt}{\sin^2\frac{nt}{2}}\,dt$$

est $o(1)$, *l'intégrale*

$$\frac{1}{n}\int_0^\delta \Psi(t)\frac{\cos\frac{t}{2}\sin nt}{\sin^3\frac{t}{2}}\,dt$$

est nécessairement $o(1)$.

Du théorème ci-dessus, on peut déduire les trois criterium suivants pour la sommabilité $(c, 1)$ de la série conjuguée.

Si l'intégrale (1.1) *existe au moins comme une intégrale convergeant non absolument, la série conjuguée est sommable* $(c, 1)$ *à* $C(x)$, *pourvu que*

$$\text{(I)} \qquad \frac{1}{t}\int_0^t dt \frac{1}{t}\int_0^t \psi(t)\,dt$$

soit à variation bornée, ou que

$$\text{(II)} \qquad \int_0^t |\psi(t)|\,dt = O(t),$$

ou que

$$\int_0^\delta \left|\frac{\Psi(t)}{t^2}\right| dt$$

existe.

3. Pour la sommabilité abélienne j'ai obteuu le théorème suivant, qui comprend les théorèmes de Fatou (1) et de Plessner (2) comme cas particuliers.

Théorème III. — *Si*

$$V(x, \theta) = \sum_{n=1}^{\infty} (b_n \cos n\theta - a_n \sin n\theta)\, x^n,$$

où $0 \leqq x < 1$, *alors*

$$\lim_{x \to 1}\left[V(x, \theta) - \frac{1}{4\pi}\int_\varepsilon^\pi \Psi(t)\,\text{coséc}^2 \frac{t}{2}\,dt\right] = 0,$$

où $\varepsilon = \sin^{-1}(1 - x)$, *pourvu que*

$$\lim_{t \to 0} \frac{1}{t}\int_0^t \frac{\Psi(t)}{t}\,dt = 0.$$

(1) Cf. P. Fatou, *Acta math.*, 30, 1906 (335-400), p. 360.

(2) Cf. A. Plessner, *Mitteilungen des Math. Seminars der Univ. Giessen*, 10, 1923; 1-36, p. 4, théorème 1.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la dérivée angulaire.*
Note (¹) de M. C. **Visser**, présentée par M. Émile Borel.

Soit la fonction $w(z) = w(x+yi) = u+vi$ holomorphe pour $x > 0$ et soit toujoure $u > 0$. M. J. Wolff (*Comptes rendus*, 13 sept. 1926) a démontré

$$\frac{w(z)}{z} \quad \text{et} \quad w'(z) \ \rightarrow \ \lambda, \quad 0 \leqq \lambda < \infty$$

pour $z \rightarrow \infty$ dans chaque angle $\left|\frac{y}{x}\right| < M$.

Supposons que la fonction $w(z)$ fait une représentation conforme du domaine $D(x > 0)$ sur un domaine intérieur G, qui contient l'axe positif. Supposons encore que $w \rightarrow \infty$ pour $z \rightarrow \infty$. MM. Carathéodory, Valiron et Ahlfors ont donné des conditions dans lesquelles λ est positif, fait qui exprime évidemment que la représentation est conforme à l'infini. Nous allons établir d'une façon très simple une autre condition suffisante pour que λ soit positif.

Soit $z_0 = x_0 + y_0 i$ un point intérieur de D, $w_0 = u_0 + v_0 i = w(z_0)$. Posons pour $x > 0$

$$Z = \frac{z - z_0}{z - z_0^*}, \qquad W = W(Z) = \frac{w(z) - w_0}{w(z) - w_0^*},$$

où $z_0^* = -x_0 + y_0 i$, $w_0^* = -u_0 + v_0 i$. La fonction $W(Z)$ fait la représentation conforme du domaine $|Z| < 1$ sur un domaine intérieur H, tandis que $W(0) = 0$. Il résulte que la fonction $\frac{W(Z)}{Z}$ est holomorphe pour $|Z| < 1$ et qu'elle ne s'annule jamais; donc $\left|\frac{W(Z)}{W}\right|$ ne peut prendre une valeur minimale en un point intérieur du domaine $|Z| < 1$. On déduit

$$\left|\frac{W(Z)}{Z}\right| \geqq \mu,$$

μ étant la plus courte distance de l'origine à la frontière de H. Dans le demi-plan D on a donc

$$\left|\frac{w(z) - w_0}{z - z_0} \, \frac{z - z_0^*}{w(z) - w_0^*}\right| \geqq \mu(w_0),$$

où $\mu(w_0)$ désigne la valeur minimale de l'expression $\left|\frac{w - w_0}{w - w_0^*}\right|$ quand w

(¹) Séance du 21 décembre 1931.

parcourt la frontière de G. En faisant tendre z à z_0 on obtient l'inégalité

$$|w'(z_0)| \geqq \mu(w_0)\,\frac{u_0}{x_0}.$$

Cela posé, considérons la fonction inverse $z = z(w) = z(u)$ sur l'axe positif. On a, comme nous venons de démontrer,

$$\left|\frac{dz}{du}\right| \leqq \frac{1}{\mu(u)}\,\frac{x}{u}.$$

Il résulte pour $0 < u_0 < u_1$:

$$\left|\frac{z(u_1)}{z(u_0)}\right| = e^{\log\left|\frac{z(u_1)}{z(u_0)}\right|} \leqq e^{\left|\log\frac{z(u_1)}{z(u_0)}\right|} = e^{\left|\int_{z(u_0)}^{z(u_1)}\frac{dz}{z}\right|}$$
$$\leqq e^{\int_{z(u_0)}^{z(u_1)}\left|\frac{dz}{z}\right|} \leqq e^{\int_{u_0}^{u_1}\frac{1}{\mu(u)}\,\frac{z}{|x|}\,\frac{du}{u}} \leqq e^{\int_{u_0}^{u_1}\frac{1}{\mu(u)}\,\frac{du}{u}}$$

et donc

$$\frac{|z(u_1)|}{u_1} \leqq |z(u_0)|\,\frac{1}{u_1}\,e^{\int_{u_0}^{u_1}\frac{1}{\mu(u)}\,\frac{du}{u}} = \frac{|z(u_0)|}{u_0}\,e^{\int_{u_0}^{u_1}\left(\frac{1}{\mu(u)}-1\right)\frac{du}{u}}$$

et nous obtenons le résultat suivant :

Quand l'intégrale $\int^{\infty}\left(\frac{1}{\mu(u)}\right)\frac{du}{u}$ *est convergente (condition qui ne dépend que de* G*), le quotient* $\frac{z(u)}{u}$ *reste borné, d'où résulte que* λ *est positif.*

MÉCANIQUE. — *Sur le rôle du groupe de la Relativité dans la Mécanique classique.* Note (¹) de M. **J. Le Roux.**

Les groupes de transformations qui s'introduisent dans l'étude du principe de relativité (²) jouent un rôle fondamental en mécanique.

Ils permettent de relier à une notion unique, celle de l'énergie cinétique relative, tous les éléments fondamentaux de la dynamique des systèmes.

Considérons un ensemble de n éléments matériels rapporté à des axes de coordonnées cartésiennes rectangulaires quelconques. Les changements de systèmes de référence correspondent alors au groupe des déplacements euclidiens, et le prolongement cinématique de ce groupe se ramène au groupe des mouvements relatifs.

(¹) Séance du 21 décembre 1931.

(²) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 698.

L'expression de l'énergie cinétique de l'ensemble

$$T = \frac{1}{2}\Sigma m(x'^2 + y'^2 + z'^2)$$

est un invariant différentiel du groupe statique; mais elle n'annule pas les transformations infinitésimales $D_h(f)$, spéciales au prolongement cinématique du groupe.

Dans le cas du groupe des mouvements relatifs ces transformations sont au nombre de six. Les trois premières D_1, D_2, D_3, se déduisent par permutation circulaire de

$$D_1(f) = \sum \frac{\partial f}{\partial x'};$$

les trois dernières se déduisent par un procédé semblable de

$$D_4(f) = \sum \left(y \frac{\partial f}{\partial z'} - z \frac{\partial f}{\partial y'} \right).$$

Appliquons ces transformations à la forme T, et posons

$$D_h(T) = T_h.$$

On a

$$T_1 = \Sigma m x', \qquad T_4 = \Sigma m(yz' - zy').$$

A ces transformées premières appliquons de nouveau les mêmes transformations et posons

$$D_k(T_h) = T_{hk}.$$

Les transformations D_h étant permutables, on a $T_{hk} = T_{kh}$.

Les transformées secondes ont les valeurs suivantes :

$$T_{11} = T_{22} = T_{33} = \Sigma m;$$
$$T_{12} = 0;$$
$$T_{14} = 0;$$
$$T_{15} = \Sigma m z;$$
$$T_{16} = -\Sigma m y;$$
$$T_{44} = \Sigma m(y^2 + z^2);$$
$$T_{45} = -\Sigma m x y;$$
....

Ces transformées définissent donc la masse totale de l'ensemble, le centre de gravité et les moments d'inertie.

L'énergie cinétique de déformation qui présente le caractère d'invariance par rapport au groupe se calcule à l'aide des mêmes éléments.

Désignons par Δ le déterminant du sixième ordre formé par les éléments T_{hk} : $\Delta = \| T_{hk} \|$.

Formons ensuite la forme quadratique positive

$$\Phi = -\frac{1}{2\Delta}\begin{vmatrix} & & & & & & T_1 \\ & & & & & & T_2 \\ & & & & & & T_3 \\ & & & \Delta & & & T_4 \\ & & & & & & T_5 \\ & & & & & & T_6 \\ T_1 & T_2 & T_3 & T_4 & T_5 & T_6 & 0 \end{vmatrix},$$

La forme Φ représente l'énergie cinétique d'entraînement de l'ensemble.

La différence $T - \Phi$ représente l'énergie cinétique de déformation (1).

En remplaçant, dans cette dernière expression, les dérivées par les différentielles correspondantes, on forme l'invariant différentiel fondamental $d\sigma^2$ qui sert de base à la théorie invariante de la gravitation (2).

CHRONOMÉTRIE. — *Sur le pendule de gravité.* Note (3) de M. J. Haag.

1. La théorie du *pendule de gravité* peut se déduire, comme cas particulier, de la théorie de la suspension élastique que j'ai faite il y a trois ans (4).

Je rappelle que, si l'on appelle m la masse du pendule, λ, e, h et E la longueur, l'épaisseur, la largeur et le module de Young de la lame, j'ai introduit la variable

$$u = \frac{2\lambda}{e}\sqrt{\frac{3mg}{Eeh}}. \tag{1}$$

Dans ces conditions la durée d'une *petite* oscillation simple est de la forme

$$T = \pi\sqrt{\frac{l}{g}}\,U, \tag{2}$$

(1) *Principes mathématiques de la théorie de la gravitation*, p. 61.

(2) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1439.

(3) Séance du 21 décembre 1931.

(4) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1479. Je rappelle que M. Tricomi a publié, un peu avant moi, une théorie analogue (*Comptes rendus*, 189, 1929, p. 142). J'ai appris récemment que cette théorie se trouve également dans la Thèse de M. Le Rolland, publiée en 1923.

U désignant une fonction déterminée de u. Si g subit l'accroissement Δg on a

$$\frac{\Delta T}{T} = -\frac{1}{2}\frac{\Delta g}{g}G,$$

en posant

$$G = 1 - \frac{uU'}{U}. \tag{3}$$

Si G a une très grande valeur absolue, *le pendule est très sensible aux variations de g*; ce facteur peut donc être appelé *coefficient de sensibilité.*

2. J'ai cherché tous les cas pour lesquels G est très grand. *Si la lame est dirigée vers le bas*, l'unique solution consiste à prendre la distance a légèrement supérieure algébriquement à la *distance critique*

$$a_1 = -\frac{\lambda}{u \operatorname{th} u}. \tag{4}$$

Si l'on pose $a - a_1 = \varepsilon$, on a

$$G = 1 - \frac{\lambda}{2\varepsilon}\frac{u + \operatorname{sh} u \operatorname{ch} u}{u \operatorname{sh}^2 u}. \tag{5}$$

Ce coefficient est d'autant plus grand, en valeur absolue, que u est plus petit. Si u est très petit, on a

$$-a_1 = \frac{\lambda}{u^2} = \frac{Ee^3h}{12mg\lambda}, \qquad G = -\frac{a}{\varepsilon}. \tag{6}$$

Si T et T′ désignent les durées d'oscillation correspondant à g et g', on a

$$g' - g = l\pi^2\left(\frac{1}{T^2} - \frac{1}{T'^2}\right), \tag{7}$$

l désignant la longueur du pendule synchrone, prise en valeur absolue.

3. Supposons maintenant *la lame dirigée vers le haut*, comme dans le pendule *Holweck-Lejay*. Toute ma théorie continue à s'appliquer, en changeant simplement g en $-g$, donc u en iu, ce qui transforme les lignes hyperboliques en lignes circulaires. On trouve alors que u doit être inférieur à $\frac{\pi}{2}$ et que a doit être légèrement inférieur à la *distance critique*

$$a_1 = \frac{\lambda}{u \operatorname{tang} u}. \tag{8}$$

En posant $a_1 - a = \varepsilon$, on a

$$G = 1 - \frac{\lambda}{2\varepsilon}\frac{u + \sin u \cos u}{u \sin^2 u}. \tag{9}$$

Comme précédemment, on a intérêt à prendre u très petit et l'on retombe alors sur les formules (6) et (7), au changement près de a en $-a$.

4. Il est facile d'évaluer *l'influence d'une variation de température*. Soient α, α' les coefficients de dilatation linéaire de la lame et du pendule et β le coefficient thermo-élastique de la lame. Si la température augmente de t degrés entre les deux expériences, on doit ajouter à g' la correction $g(3\alpha - \alpha' - \beta)t$. Pour une lame en acier, l'influence de β est prépondérante; d'où la nécessité de prendre une lame en élinvar.

5. Une *autre solution* théorique est la suivante. Reprenons la suspension ordinaire et supposons que a et R soient voisins de (¹)

$$a_0 = -\lambda\frac{\operatorname{ch} u - 1}{u \operatorname{sh} u}, \qquad R_0 = \lambda\frac{\sqrt{\Delta}}{u \operatorname{sh} u}.$$

Il se produit alors des *battements*, dont la fréquence a pour coefficient de sensibilité

$$G = \frac{V + \rho V_1}{\varepsilon(1 + \rho^2)},$$

où V et V_1 désignent certaines fonctions de u et où l'on a posé

$$\varepsilon = \frac{a - a_0}{R_0}, \qquad \rho = \frac{\sqrt{\Delta}}{2} + \frac{R_0 - R}{a - a_0}.$$

Ce coefficient G peut devenir très grand. Mais je crains les difficultés expérimentales.

ASTRONOMIE. — *Excentricités probables des étoiles doubles visuelles dont l'orbite est encore inconnue.* Note (²) de M. **D. Barbier**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nous avons montré (³) qu'on peut obtenir la fonction de répartition des excentricités d'un ensemble d'étoiles doubles d'orbites inconnues mais pour lesquelles on a pu calculer les quantités

$$\omega = \frac{\rho'}{\rho\theta'}, \qquad \sigma = 1 - \frac{\rho''}{\rho\theta'^2},$$

(¹) Pour les notations, voir ma Note précitée.

(²) Séance du 21 décembre 1931.

(³) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1635.

θ et ρ étant l'angle de position et la distance, θ', ρ', ρ'' leurs dérivées par rapport au temps. Pour certaines recherches statistiques, il serait commode d'avoir pour chaque étoile son excentricité probable. Soient j l'angle du rayon vecteur vrai et de sa projection, φ l'angle du plan projetant normalement le rayon vecteur et du plan de l'orbite. On a

$$(1) \qquad e^2 = 1 + \left(\frac{\omega^2}{\sigma^2} - \frac{2}{\sigma} - \frac{1}{\sigma^2}\sin^2 j\right)\frac{\cos^2 j}{\sin^2\varphi} + \frac{1}{\sigma^2}\frac{\cos^2 j}{\sin^4\varphi} + \frac{2\omega}{\sigma^2}\sin j\cos^2 j\,\frac{\cos\varphi}{\sin^3\varphi}.$$

Soit $p(j, \varphi)\,dj\,d\varphi$ la probabilité pour que j soit compris entre j et $j + dj$ et φ entre φ et $\varphi + d\varphi$. La valeur moyenne de e^2 est alors donnée par

$$(2) \qquad \overline{e^2} = \int\int e^2(j, \varphi, \omega, \sigma)\,p(j, \varphi)\,dj\,d\varphi.$$

Nous avons montré [1] que la fonction $p(j, \varphi)$ dépend de l'arc de courbe connu, et l'on ne peut la déterminer exactement; nous ne pouvons donc faire un calcul rigoureux. Voici la manière de procéder à laquelle nous nous sommes arrêté : nous prendrons pour $p(j, \varphi)$ une fonction simple, acceptable en première approximation, et nous calculerons l'intégrale double 2) que nous désignerons par ε^2. Nous déterminerons ensuite la fonction de répartition de ε^2 pour le groupe d'étoiles dont nous nous occuperons. Cette fonction différera en général de la fonction connue de répartition des carrés des excentricités. Nous ferons alors un changement de variables

$$(3) \qquad e^2 = a_0 + a_1\varepsilon^2 + a_2\varepsilon^4 + \ldots,$$

de manière que les deux fonctions de répartition soient identiques. Nous admettrons alors que la formule (3) nous donne la valeur moyenne de e^2 d'une étoile pour laquelle ε^2 est connu. Nous montrerons, en appliquant cette méthode aux couples d'orbites connues, que les excentricités probables (moyennes quadratiques) ainsi obtenues sont utilisables pour des études statistiques.

Il nous faut préciser maintenant la forme de la fonction $p(j, \varphi)$ que nous allons employer. Dans diverses recherches et en particulier pour les formules de parallaxes dynamiques on a posé

$$p(j, \varphi)\,dj\,d\varphi = \frac{\cos j}{\pi}\,dj\,d\varphi,$$

(1) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 709.

j étant compris entre o et $\frac{\pi}{2}$ et φ entre o et π. Les résultats quoique inexacts donnent toutefois une première approximation assez convenable. Malheureusement dans notre cas on voit que ε^2 serait infini quels que soient ω et σ. Ce fait provient de ce que la formule (1) peut donner pour e^2 n'importe quelle valeur même supérieure à l'unité. Nous adopterons alors la formule

$$p(j, \varphi)\, dj\, d\varphi = \frac{\cos j\, dj\, d\varphi}{\int\int_D \cos j\, dj\, d\varphi}$$

et nous ferons varier j et φ seulement dans le domaine D défini par $e^2 < 1$, c'est-à-dire

$$\cot^2\varphi + 2\omega \sin j \cot\varphi + \omega^2 - 2\sigma + \cos^2 j < 0.$$

On a alors

$$\varepsilon^2 = \frac{\int\int_D e^2(j, \varphi, \omega, \sigma) \cos j\, dj\, d\varphi}{\int\int_D \cos j\, dj\, d\varphi}.$$

L'intégration par rapport à φ se fait sans difficulté et l'on a, en posant $k^2 = \frac{1+\omega^2}{2\sigma}$,

$$\varepsilon^2 = 1 - \frac{8\sqrt{2}}{3\sqrt{\sigma}} \frac{\int_{j_0}^{\frac{\pi}{2}} (1 - k^2\cos^2 j)^{\frac{3}{2}} \cos^3 j\, dj}{\int_{j_0}^{\frac{\pi}{2}} \left[\pi - \operatorname{arc\,tang} \frac{-2\sqrt{2\sigma}\sqrt{1-k^2\cos^2 j}}{2\sigma(k^2-1)+\cos^2 j}\right] \cos j\, dj},$$

la détermination de arc tang étant celle comprise entre o et π. Si $k^2 < 1$, on a $j_0 = 0$, et si $k^2 > 1$, $\cos j_0 = \frac{1}{k}$.

Nous ne donnerons pas ici le détail du calcul des intégrales ci-dessus. Nous avons calculé ε^2 pour 41 valeurs de ω et σ ce qui permet de tracer les courbes $\varepsilon^2 = \text{const.}$

Applications. — A l'aide des courbes précédentes nous avons déterminé ε^2 pour 117 étoiles dont l'orbite est connue. Voici les fonctions de répartition de e^2 et ε^2 pour ces étoiles :

e^2 ou ε^2.	0. 0,1.	0,2.	0,3.	0,4.	0,5.	0,6.	0,7.	0,8.	0,9.	1,0
Répartition de e^2.......	23	24	27	12	6	9	4	6	4	2
Répartition de ε^2.......	0	0	0	16	32	23	20	10	11	5

La formule suivante lie e^2 à ε^2 :

$$\bar{e}^2 = -0{,}284 + 0{,}546\varepsilon^2 + 0{,}738\varepsilon^4.$$

Pour montrer que les valeurs de e^2 ainsi obtenues sont utilisables nous allons calculer la valeur vraie de la moyenne des carrés des excentricités d'après les orbites $\bar{e}_0^2$ ainsi que celle provenant de nos excentricités hypothétiques $\bar{e}_e^2$ pour les couples classés d'après leurs périodes.

P_{an}	0. – 40.	40. – 80.	80. – 140.	140. – ∞.
Nombre de couples	29.	27.	29.	32.
$\bar{e}_0^2$	0,222	0,268	0,333	0,383
$\bar{e}_e^2$	0,255	0,271	0,319	0,367

On voit que les excentricités hypothétiques permettent de retrouver ce fait bien connu que l'excentricité croît avec la période.

Faisons maintenant une application aux couples *d'orbites inconnues* en établissant pour ceux-ci une relation entre le type spectral et l'excentricité :

Spectre	B.	A.	F.	G.	K.
Nombre de couples	8.	19.	38.	29.	13.
$\bar{e}^2$	0,323	0,347	0,378	0,430	0,458

On voit que la croissance de l'excentricité avec le type spectral est très nette.

ASTRONOMIE. — *A propos des systèmes binaires* (1).
Note (2) de M. **Émile Sevin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Une remarque formulée par MM. Giorgi, Levi-Civita et Gianfranceschi (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences N. Lincei*, séance du 16 février 1930), au sujet du processus que nous avons proposé pour expliquer le gravitation, nous a conduit à rechercher l'influence possible de termes complémentaires, dans la loi d'attraction appliquée à deux grosses masses très voisines.

Soient M et M' deux étoiles de masses m et m', d leur distance, r et r' leurs rayons vecteurs mesurés à partir de leur centre de gravité commun G. Les forces appliquées restent dirigées suivant MM' et leurs grandeurs sont

(1) Voir *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1063.
(2) Séance du 21 décembre 1931.

indépendantes de l'orientation de cette droite; elles valent :

$$F_M = -fmm'\left(\frac{1}{d^2} + \sum \frac{A_n}{d^n}\right), \qquad F_{M'} = -fmm'\left(\frac{1}{d^2} + \sum \frac{B_n}{d^n}\right).$$

$\frac{A_n}{d^n}$ et $\frac{B_n}{d^n}$ sont les termes généraux de deux séries et comme, dans le cas général, A_n n'est pas égal à B_n, la position de G ne demeure pas invariable. θ étant l'anomalie vraie de M, les équations du mouvement du centre de gravité s'écrivent :

$$(m+m')\frac{d^2x}{dt^2} + fmm'\sum \frac{A_n - B_n}{d^n}\cos\theta = 0,$$

$$(m+m')\frac{d^2y}{dt^2} + fmm'\sum \frac{A_n - B_n}{d^n}\sin\theta = 0.$$

En introduisant l'expression du rayon vecteur r et la constante des aires C relatifs à M, si l'on désigne par e l'excentricité des orbites, la première de ces équations se met sous la forme

$$(m+m')\left[\frac{C^2}{r^4}\frac{d^2x}{d\theta^2} - 2\frac{C^2}{r^4}\frac{e\sin\theta}{1+e\cos\theta}\frac{dx}{d\theta}\right] + fmm'\sum \frac{A_n - B_n}{d^n}\cos\theta = 0.$$

Poursuivons notre étude en recherchant l'influence du terme le plus important ($n=4$ dans une série paire). En posant, pour simplifier,

$$\gamma = \frac{fm}{C^2}\frac{m'^5}{(m+m')^5}(A_4 - B_4),$$

finalement les deux équations qui définissent le mouvement du centre de gravité sont les suivantes :

$$\frac{d^2x}{d\theta^2} - 2\frac{e\sin\theta}{1+e\cos\theta}\frac{dx}{d\theta} + \gamma\cos\theta = 0,$$

$$\frac{d^2y}{d\theta^2} - 2\frac{e\sin\theta}{1+e\cos\theta}\frac{dy}{d\theta} + \gamma\sin\theta = 0.$$

En intégrant deux fois, en n'écrivant pas explicitement les termes où e intervient à une puissance supérieure à la première et en choisissant judicieusement les conditions initiales, il vient :

$$x = \gamma\cos\theta - \frac{1}{4}e\gamma\cos 2\theta - \frac{1}{2}e\gamma\theta^2,$$

$$y = \gamma\sin\theta - \frac{1}{4}e\gamma\sin 2\theta.$$

Le lieu du centre de gravité est alors une circonférence, légèrement

déformée à cause des termes périodiques en e, dont le centre O comporte une accélération, de grandeur invariable, dans la direction des grands axes des orbites.

Cas particuliers. — 1° Si e est nulle le système est stable ; les deux étoiles et leur centre de gravité décrivent trois circonférences concentriques. 2° Si $M = M'$, $A_4 = B_4$, $\gamma = 0$ et le centre de gravité reste fixe. On montre facilement que le système est encore stable : les grands axes sont de longueurs invariables, l'excentricité est également invariable et les périastres se déplacent progressivement, proportionnellement à θ, tout en restant symétriquement placés par rapport au centre de gravité. La question se traite comme celle du mouvement d'une planète quand on ajoute des termes complémentaires à la loi de Newton.

Cas général. — Il convient encore de tenir compte de l'influence des termes complémentaires sur la forme des orbites ; les calculs sont cette fois un peu plus compliqués, mais ils ne donnent lieu à aucune difficulté spéciale. Ces calculs montrent que le mouvement est képlérien, à cela près que la direction des périastres se déplace encore de façon progressive, proportionnellement à θ. C' étant la constante des aires relative à M', l'avance des périastres $\Delta\varpi$ vaut :

$$(1) \qquad \Delta\varpi = \left\{ \left[\frac{fm'^4}{C^2(m+m')^3} \right]^2 \frac{A_4 m'}{m+m'} + \left[\frac{fm^4}{C'^2(m+m')^3} \right]^2 \frac{B_4 m}{m+m'} \right\} \theta.$$

En résumé, le point O est soumis à une accélération, de grandeur constante, orientée dans une direction qui tourne avec une vitesse angulaire uniforme; il s'ensuit que ce point décrit une circonférence, de centre fixe P, et que les grands axes des orbites restent dirigés suivant les rayons de cette circonférence. Les variations progressives disparaissent donc et se trouvent remplacées par une variation à longue période; le système est encore stable.

En désignant par a et a' les demi-grands axes des orbites, la relation (1) peut s'écrire :

$$\Delta\varpi = \frac{1}{(1-e^2)^2} \left[\frac{A_4}{a^2} \frac{m'^3}{(m+m')^3} + \frac{B_4}{a'^2} \frac{m^3}{(m+m')^3} \right] \theta.$$

Si donc A_4 et B_4 sont pratiquement de grandeur suffisante pour que la rotation des périastres puisse être observée, c'est dans les binaires spectroscopiques qu'elle doit être recherchée.

GÉODÉSIE. — *Nouveau modèle de pendule Holweck-Lejay. Valeur de la gravité en quelques points de la France continentale et en Corse.* Note [1] de M. F. **Holweck**, présentée par M. Georges Perrier.

Nous avons décrit [2] les deux premiers modèles de pendules élastiques. Dans le troisième modèle, nous avons augmenté la sensibilité K du pendule élastique qui a été portée à cent fois environ celle du pendule ordinaire. Il suffit alors de mesurer le temps avec une précision de $0^s,1$ en 15 minutes pour avoir g à 2.10^{-3} C. G. S. près. Une bonne montre de poche à dédoublante rattrapante remplit ce but, car on lui tolère une variation de marche de plusieurs secondes par jour.

Une telle augmentation de la sensibilité, qui conduit à porter à $2^s,5$ la demi-période d'un pendule élastique de 6^{cm} de longueur, nous avait semblé, au début, difficile à réaliser par suite de la perfection mécanique considérable avec laquelle il faut construire le pendule pour conserver une correction d'inclinaison et d'amplitude acceptable. Mais la technique de réalisation de ces instruments ayant aussi beaucoup progressé, il est possible de construire actuellement de tels pendules élastiques. Voici les principaux points que nous avons modifiés :

La cage portant le pendule est rigidement vissée à l'intérieur d'une base tubulaire en ferrochrome, soudée par une extrémité à l'ampoule étanche en verre dans laquelle est fait le vide élevé. Ce tube en ferrochrome porte à son autre extrémité la membrane élastique qui, par sa déformation, assure le blocage de l'instrument, comme dans le modèle précédent. Mais la disposition générale a été retournée; le dispositif de blocage est maintenant à la partie inférieure. Sur l'extérieur du tube en ferrochrome vient se fixer solidement une base circulaire en laiton portant trois vis de référence. Ce dispositif permet le réglage du pendule (verticalité du plan d'oscillation) et le démontage de celui-ci de son support pour le transport. L'ampoule en verre est dans une double enceinte métallique qui la protège et assure l'uniformité thermique. Un thermomètre mesure, comme dans le modèle précédent, la température du bloc dans lequel est fixée la lame d'élinvar. Des écrans métalliques faisant partie de ce bloc forment un corps noir autour

(1) Séance du 21 décembre 1931.

(2) F. Holweck et P. Lejay, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1387, et 192, 1931, p. 1116.

de la lame. Le système de visée du pendule a été complètement modifié : au moyen de deux prismes à réflexion totale et d'un objectif, on forme l'image du fil repère qui termine le pendule sur la face gravée de l'un des prismes. Ce petit collimateur, qui remplace les fentes de l'ancien modèle, est placé à l'intérieur de l'ampoule et rigidement lié à la cage du pendule. La face divisée du prisme sur laquelle se fait l'image est examinée au moyen d'un microscope coudé, placé sur le support de l'instrument. On peut ainsi choisir, au moyen des trois vis de référence, et pour chaque pendule, la position origine qui correspond : 1° à une flexion nulle de la lame élastique et réduire ainsi au minimum l'erreur due à un défaut de réglage de la position d'équilibre ; 2° à une position du plan d'oscillation, tel que le coefficient d'amplitude est aussi petit que possible. Les vis de référence sont ensuite bloquées définitivement.

Le support se compose d'une platine en laiton portant cinq plots en acier dont les faces supérieures sont situées dans un même plan. Trois de ces plots servent d'appuis aux vis de références et deux au niveau qui repère le plan d'oscillation. Le réglage de la position du support est fait d'abord par trois vis calantes à pas fin, puis, pour finir et amener le fil terminant le pendule devant la division origine du micromètre, au moyen d'une pompe à ressort réglable, de Michelson, déformant légèrement la platine. En pleine campagne, l'appareil est posé sur un trépied métallique amarré, par de solides rotules, à trois grands piquets d'acier enfoncés dans le sol. Ce support s'est montré excellent et vaut presque un pilier d'observatoire. Pour le transport, l'appareil est démonté et le pendule, qui est la seule pièce fragile, est transporté dans une petite mallette à l'intérieur de laquelle il est suspendu par des caoutchoucs. Cette mallette pèse $2^{kg},500$, le reste du support (pour pilier) trouve sa place dans une petite caisse du poids de $8^{kg},500$.

Pour effectuer une mesure, il suffit de mesurer au moyen d'une montre à aiguilles dédoublantes rattrapantes le temps nécessaire au pendule pour effectuer 300 oscillations (environ 12 minutes) en pointant par exemple les dix premières oscillations et les dix dernières. On note également la température, lue au thermomètre interne, au début et à la fin de l'opération. L'appareil ayant été préalablement étalonné, dans des stations où g est connu, il suffit de porter le temps réduit à la température normale sur le graphique pour avoir g.

Pour éprouver la sensibilité de l'instrument, deux séries de six mesures ont été effectuées à l'Observatoire de Paris au fond du puits des pendules (altitude 35^{m}) et sur la première niche creusée dans la paroi du puits (alti-

tude 52^m). On a trouvé des temps respectivement de 737,07 secondes et de 736,85 secondes pour 15°. Dans cette expérience, pas une seule des valeurs obtenues en bas ne chevauchait avec les valeurs obtenues en haut, la différence sur g n'était cependant que de 4.10^{-3} C. G. S.

Ensuite l'appareil a été éprouvé au cours d'une campagne d'essais (août-septembre 1931). Le tableau suivant donne les temps t nécessaires au pendule pour effectuer 300 oscillations à 21°; les stations marquées d'un astérisque, où g était déjà mesuré, ont servi à guider une courbe moyenne qui passe exactement par trois points : Paris, Lyon et Corte. La valeur donnée par Defforges pour Marseille semble trop faible de 12.10^{-3} C. G. S., celle de Nice Observatoire, trop forte de 10.10^{-3} C. G. S. et le nombre donné par Collet pour Valence trop faible de 8.10^{-3} C. G. S. Ces valeurs, ainsi que celles de g pour les stations nouvelles, sont donc susceptibles de légères retouches, car l'étalonnage de l'instrument a été effectué, ainsi qu'on le voit, sur des stations pour lesquelles les mesures de g sont anciennes et antérieures à la transmission de l'heure par T. S. F.

Stations.	Altitude.	t.	g observé.
	m	s	cm/sec^{-2}
Paris*	61	744,10	980,943
Lyon*	286	732,2	980,629
Valence*	139	729,9	980,566
Avignon	35	728,75	980,535
Marseille*	61	727,55	980,502
Nice Ville	4	728,65	980,532
Nice Observatoire*	372	726,05	980,462
Condon	697	722,45	980,366
Tamaris	6	727,95	980,513
Corte*	422	721,85	980,350
Casanova (près Nocario, Corse)	500?	721,65	980,344
Col de Prato (Corse)	980	719,45	980,284

De retour à Paris, nous avons raccordé avec soin notre origine provisoire (rue Pierre-Curie, altitude 56^m) à l'Observatoire de Paris ($g = 980{,}943$) et au Pavillon de Breteuil ($g = 980{,}941$) et trouvé dans les deux cas la même valeur : $g = 980{,}943 \pm 2.10^{-3}$.

PHYSIQUE. — *Peut-on maintenir une salle à température constante?* Note (¹) de M. **Henri Abraham**, présentée par M. P. Villard.

Les essais dont nous rendons compte ont été faits avec la collaboration de M. Baron et de M. Potau. Nous avons cherché à voir jusqu'à quel degré de précision on pouvait maintenir constante et uniforme, pendant toute l'année, la température d'une cave calorifugée, en choisissant la température fixe à 6° environ au-dessus de la température d'hiver de la cave.

Une ventilation artificielle est nécessaire. Sans ventilation le haut de la salle est plus chaud de 1°, 5 que la partie basse; et l'on constate des écarts de plus d'un dixième de degré dans un volume d'un mètre cube au milieu de la salle. Avec une ventilation énergique les températures des diverses régions de la salle sont toutes comprises dans un même intervalle d'environ un vingtième de degré, sauf au contact du sol qui est plus froid d'un vingtième de degré.

Le thermomètre régulateur est un tube métallique à ailettes qui a été complètement rempli de toluène. La dilatation du liquide déforme une membrane métallique flexible qui actionne le contact électrique commandant le chauffage. Ce thermomètre est sensible et fidèle à un demi-millième de degré près. Pour dépasser cette limite il aurait fallu mettre le thermomètre tout entier en vase clos pour le soustraire aux variations de pression atmosphérique, lesquelles modifient les volumes comme le feraient des variations de température.

Lorsque la salle n'est pas ventilée, la période des oscillations de température provenant du fonctionnement du régulateur est de trois quarts d'heure. Avec une bonne ventilation la période descend à une dizaine de minutes.

Les variations de température dues aux intermittences de chauffage dépassent un dixième de degré dans une cave non ventilée lorsqu'on fait varier de 20 pour 100 l'intensité du courant de chauffage; mais elles descendent vers les centièmes de degré lorsqu'on établit la ventilation.

En raison des retards inévitables dans l'action du régulateur, il faut que les durées des périodes alternatives d'échauffement et de refroidissement

(¹) Séance du 21 décembre 1931.

demeurent dans un rapport invariable, malgré les variations diurnes ou saisonnières de l'intensité du courant de chauffage. La constance du rapport de ces durées a été réalisée en réglant automatiquement l'intensité moyenne du courant de chauffage au moyen d'une bobine de self dont le noyau de fer mobile est déplacé par un moteur qui tourne dans un sens pendant le chauffage fort, puis en sens inverse pendant le chauffage faible.

Il a fallu, d'autre part, employer un dispositif fournissant automatiquement des courants de chauffage constants malgré les variations importantes de la tension du réseau électrique. A cet effet un enroulement, formant régulateur d'induction, est intercalé dans le circuit de chauffage. Son noyau de fils de fer est suspendu sous un flotteur dont l'équilibre en courant constant a été rendu pratiquement indifférent en donnant une forme appropriée à la partie supérieure qui émerge. Lorsque la tension du réseau augmente, l'attraction du bobinage sur son noyau mobile augmente aussi, le flotteur et le noyau de fils de fer descendent, et ne s'arrêtent que lorsque le courant reprend la valeur désirée. En fait le courant reste constant à moins d'un demi pour 100 près, ce qui est suffisant.

Les variations de température ont été mesurées avec un thermomètre à résistance de platine.

Un essai fait dans ces conditions a duré sans interruption pendant quatre mois et demi, depuis le milieu de mars jusqu'à la fin de juillet, avec enregistrement photographique permanent des variations de résistance du fil de platine. La valeur de cette résistance est montée lentement en six semaines de 63,0265 ohms à 63,0291 ohms, ce qui correspond à une élévation de température d'environ un centième de degré. La température moyenne diurne est ensuite restée constante à un millième de degré près pendant presque trois mois jusqu'à la fin de l'essai.

Mais si la température moyenne diurne a pu être ainsi maintenue constante au millième de degré, il n'en a pas été de même de la température instantanée. Les inscriptions montrent bien que, la plupart du temps, les variations accidentelles de température ne dépassent pas un millième de degré; mais il y a eu beaucoup de journées où les variations de température enregistrées ont été plus importantes, atteignant près d'un centième de degré en quelques minutes, et il est certain que les variations réelles sont supérieures à ce que décèle l'enregistrement.

Ces perturbations accidentelles paraissent dues uniquement aux variations de la pression atmosphérique. Toute augmentation rapide de pression produit nécessairement une compression adiabatique de l'atmosphère de la

cave, entraînant une élévation instantanée de température pouvant mettre un certain temps à se dissiper.

Cette explication a été contrôlée numériquement par l'enregistrement simultané des variations de résistance du thermomètre de platine et des variations de la pression atmosphérique. En ayant soin de munir l'appareil barométrique d'un dispositif de fuite lui donnant les mêmes retards que ceux de l'inscription thermométrique, on a obtenu effectivement deux courbes exactement superposables.

En définitive, il nous a semblé possible de réaliser la constance de la température moyenne diurne d'une salle au millième de degré, limite actuelle de sensibilité du régulateur. Quant aux variations de température, passagères et d'ailleurs assez faibles provenant des changements rapides de la pression atmosphérique, elles seraient sans influence appréciable sur des appareils enfermés dans des boîtes complètement étanches.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les machines électrostatiques.* Note (¹) de MM. **Henri Chaumat** et **Édouard Lefrand**, présentée par M. d'Arsonval.

Le principe mis en œuvre par nous dans la construction des génératrices électrostatiques (²), à savoir l'emploi d'un cylindre de Faraday plus ou moins modifié comme collecteur, s'est montré d'une grande fécondité.

Il nous a été possible d'appliquer ce principe à la construction de machines électrostatiques de tous les genres qui se sont montrées, de ce fait, très supérieures aux machines de forme classique correspondantes.

C'est ainsi que nous avons construit une génératrice genre Ramsden de la façon suivante :

Une ferrure support F repose sur le socle conducteur S.

Elle porte l'axe de rotation du plateau P de verre ou d'ébonite.

En *f* se trouvent les frotteurs reliés au socle.

En C se trouve le *portefeuille collecteur* analogue à celui que nous avons précédemment employé. Ce collecteur, recouvert extérieurement d'une matière isolante, constitue l'une des armatures d'un condensateur ; la ferrure F est l'autre armature.

Avec un plateau d'ébonite de 18^{cm} de diamètre, mû directement à la

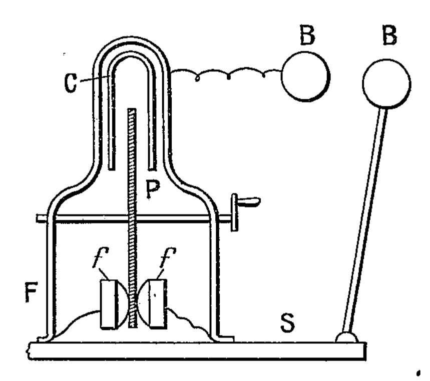
---

(¹) Séance du 21 décembre 1931.

(²) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1176.

main, nous avons obtenu (mesurée par la distance d'éclatement entre les boules B) une différence de potentiel de 87000 volts.

Cette machine donne des étincelles sensiblement plus chaudes et plus bruyantes qu'une machine de Ramsden de dimensions deux fois plus grandes.



On peut remarquer ceci :

En montant sur un socle conducteur unique deux machines de mêmes dimensions, l'une avec un plateau de verre, l'autre avec un plateau d'ébonite, les frotteurs respectifs étant reliés au socle, on réalisera ainsi deux machines en série. La différence de potentiel obtenue entre les bornes extrêmes serait alors au moins de 170000 volts.

ÉLECTRICITÉ. — *Phénomènes lumineux produits par le roulement d'amalgames sur le verre dans le vide.* Note (1) de MM. **Duffieux** et **G. Trotel**, présentée par M. Ch. Fabry.

L'un d'entre nous a décrit les phénomènes lumineux que produit le roulement d'une large goutte de mercure dans un ballon vide. Nous nous sommes proposé d'observer l'influence sur ces phénomènes lumineux de petites quantités de métaux étrangers dissous dans le mercure. Nous avons conservé la méthode déjà utilisée pour le mercure pur (2).

L'amalgame est enfermé dans un ballon d'une contenance de 1,5 ou 2 litres, vidé et scellé. Le ballon entraîné par un moteur électrique tourne autour de son col qui sert d'axe de rotation. Le ballon peut être chauffé

(1) Séance du 21 décembre 1931.

(2) *Journal de Physique*, 6e série, 9, 1928, p. 61-71.

jusqu'à des températures un peu supérieures à 100°. Ces ballons sont en verre pyrex. Ils sont lavés successivement à l'acide chlorhydrique étendu, à la soude, puis à l'acide fluorhydrique étendu. Ce dernier lavage évite l'accroissement brusque et permanent de conductibilité superficielle qui se produit aux températures supérieures à 350° (1). Les ballons sont ensuite rincés à l'eau distillée puis desséchés dans un bon vide sous étuve.

Le mercure soigneusement purifié et séché est introduit par distillation dans le vide. Le procédé d'introduction du métal additionnel dépend de sa nature.

Amalgame de zinc. — Le zinc est introduit dans le ballon sous le vide après le mercure. La concentration la plus favorable est $\frac{1}{1000}$ en poids.

Cet amalgame mouille faiblement le verre. La vitesse de rotation du ballon ne peut dépasser 60 tours par minute.

A froid le roulement régulier ne produit aucun phénomène lumineux; une violente agitation produit cependant une multitude d'étincelles. Vers 40° des lueurs fugaces apparaissent, comme avec le mercure pur, de part et d'autre de la zone de roulement. En élevant la température ces lueurs se stabilisent et se rencontrent vers la pointe de la goutte. Elles sont dues à une décharge électrique continue entre la goutte et la surface du verre qui vient de se détacher de l'amalgame. L'aspect de cette décharge est un peu différent de celui que présente la décharge produite dans les mêmes conditions par le mercure pur. Au contact du verre la décharge forme une seule houppe lumineuse et non point deux; du côté de la goutte la décharge ne produit aucune houppe lumineuse. Il nous a été impossible de déterminer le sens du courant, un champ magnétique ne produisant aucune déformation sensible de la houppe qui adhère au verre. Aux plus hautes températures la vapeur qui s'élève de la ligne d'arrachement présente la même phosphorescence verte que dans le cas du mercure pur.

La présence du zinc provoque un phénomène lumineux nouveau que nous n'avions jamais observé avec le mercure pur. Aux températures auxquelles la houppe d'arrachement est stable les lueurs inférieures des ballons à mercure sont indépendantes de tous les frottements exercés sur la surface extérieure du ballon. Avec l'amalgame de zinc le frottement au niveau de la surface de roulement d'un corps quelconque isolant ou conducteur, produit à l'intérieur du ballon une nouvelle lueur. Celle-ci est due à une décharge électrique dont l'extrémité positive est une longue houppe

(1) S. H. Mitchel, *Philosophical Magazine*, 7e série, 11, 1931, p. 748.

incurvée qui se détache de la surface du verre en arrière du point frotté dans le sens du mouvement. Aux températures moyennes le frottement n'est même pas nécessaire, il suffit d'approcher le doigt à quelques millimètres de la surface extérieure pour provoquer la décharge. La surface intérieure reste sans doute encore fortement électrisée après la première décharge qui suit l'arrachement.

Amalgame de cadmium. — Le cadmium est introduit par distillation en même temps que le mercure. Cet amalgame est moins adhérent au verre que le mercure pur. La goutte reste stable pour des vitesses de 200 tours par minute.

Les phénomènes lumineux produits par le roulement de la goutte sont semblables à ceux observés avec l'amalgame de zinc et leur évolution avec la température est identique. L'éclat de la houppe est beaucoup moins intense. Par contre l'électrisation de la surface extérieure du ballon est beaucoup plus considérable : au niveau de la ligne d'arrachement on en tire, à froid, de nombreuses petites étincelles. L'influence du doigt ou le frottement d'un corps quelconque produisent même à froid une décharge analogue à celle qui a été observée avec l'amalgame de zinc. Toutefois le sens de la décharge est inversé.

Nous n'avons aperçu nulle part des raies de cadmium : les houppes ou décharges n'émettent que le spectre d'arc du mercure.

Amalgame de sodium. — Le sodium est introduit par distillation dans le vide. La concentration du sodium est de 1/10000 environ. Il est difficile d'obtenir un amalgame n'adhérant pas au verre et dont l'arrachement soit rapide. Cette adhérence paraît due à une légère oxydation de la surface. Les amalgames très propres n'adhérent pas au verre.

Les phénomènes lumineux qui accompagnent le roulement sont encore identiques. L'électrisation des surfaces est plus faible : l'influence du doigt ne produit plus aucune décharge intérieure. Le frottement d'un corps quelconque en produit une analogue à celles observées précédemment mais dont l'aspect est curieux. L'extrémité positive est comme précédemment une longue houppe mauve qui se détache du verre et où l'on ne distingue que les raies du mercure; mais l'extrémité négative est une tache jaune sans épaisseur sensible, adhérente à la surface du verre. Cette tache émet presque exclusivement la raie D. Le roulement laisse adhérente à la surface une couche de sodium. Cette couche paraît subsister très longtemps; alors que la condensation de la vapeur de mercure sur les parois du ballon se fait dans tous les autres cas par grosses gouttes peu nombreuses, elle produit, dans le cas de l'amalgame de sodium un voile liquide continu.

POLARISATION ROTATOIRE MAGNÉTIQUE. — *Pouvoir rotatoire magnétique de l'argon.* Note (¹) de MM. **R. de Mallemann** et **P. Gabiano**, présentée par M. A. Cotton.

L'argon que la Société *L'Air liquide* avait bien voulu mettre à notre disposition était quasi pur (99,8 pour 100). Le gaz fut observé dans l'appareil décrit antérieurement; les mesures ont été faites pour une pression de 1466^{mm} de mercure et à la température de 12°,2. Les nombres indiqués ci-dessous, sont les moyennes d'un grand nombre de lectures, concordant au centième de degré.

Différence de potentiel magnétique........	641.10^3	600.10^3
Rotations doubles.......................	0°,36(5)	0°,34(0)

pour la raie *jaune* du mercure.

Ces nombres réduits à 0° et 760^{mm} donnent respectivement 9,2 et 9,1(10^{-6}). La constante de Verdet de l'argon est donc

$$\Lambda_0^{760} = 9,2.10^{-6} \qquad (\lambda = 5780),$$

à moins de 2 pour 100 près.

La *dispersion* par rapport à la raie *verte* est voisine de 1,11; par rapport à la raie indigo : 1,80. Ces nombres sont à peine supérieurs au rapport des carrés des longueurs d'onde.

Le pouvoir rotatoire magnétique de l'argon est donc nettement supérieur à celui de l'azote, de l'oxygène et de l'hydrogène; il est sensiblement égal à celui de l'anhydride carbonique.

L'étude de l'argon et des autres gaz rares présente un intérêt particulier, en raison de leur structure électronique relativement simple. On pourrait supposer, en effet, que la relation théorique entre la constante de Verdet, le pouvoir réfringent et le nombre p des électrons optiques serait plus exactement vérifiée dans le cas des gaz monoatomiques.

Or, d'après Burton, l'indice de l'argon, pour la raie D est : $n = 1,0002837$. On en déduirait, pour la même radiation :

$$\Lambda_0^{760} = \frac{11,4}{p} 10^{-9} = 2,60 \text{(en radians)}.$$

(¹) Séance du 21 décembre 1931.

D'après la constante de Verdet mesurée, on aurait ainsi : $p = 4,4$, tandis que le nombre p' des électrons périphériques est 8.

Ainsi, même dans le cas d'un gaz de structure simple, comme l'argon, on trouve $p < p'$. Ce résultat paraît général, comme le montre le tableau suivant :

Gaz.	$\Lambda_0^{760}\,10^9$.	$(n-1)\,10^7$.	p (calculé).	p'.
Hydrogène	1,74	1384	1,56	2
Oxygène	1,63	2720	7,0	12
Azote	1,72	2970	7,2	10
Argon	2,60	2837	4,4	8
Oxyde de carbone	3,07	3340	5,1	10
Anhydride carbonique	2,55	4500	11,2	16
Méthane	4,05	4438	7,0	8
Éthane	6,80	7528	11,8	14
Propane	9,55	10470	16,2	20
Éthylène	8,80	6570	7,0	12
Acétylène	9,25	5650	4,9	10
Sulfure de carbone	21,5	14800	14,5	16

On doit conclure qu'il n'est pas possible, en général, de calculer exactement la constante de Verdet sans tenir compte des particularités de la structure atomique ou moléculaire; la relation simple dans laquelle on fait seulement intervenir la réfringence moyenne des électrons de valence est d'autant plus mal vérifiée que le nombre des électrons est plus petit.

En effet nous avons montré précédemment que l'écart relatif entre les nombres calculés et observés décroît, dans le cas des molécules organiques renfermant un grand nombre d'atomes de carbone simplement liés. Ce résultat pouvait être prévu, l'hypothèse de l'homogénéité moyenne de la molécule devant être d'autant plus inexacte que, toutes choses égales, le nombre des atomes est plus petit. L'exemple de l'argon, monoatomique, semble indiquer que les mouvements des électrons périphériques sont inégalement modifiés par le champ magnétique.

DIFFUSION MOLÉCULAIRE. — *Considérations théoriques sur la dépolarisation* anomale *des raies Raman dans les cristaux uniaxes.* Note [1] de M. **J. Cabannes** et M[lle] **Osborne**, présentée par M. Ch. Fabry.

L'un de nous a montré, il y a plus de deux ans [2], que les raies Raman d'un cristal présentaient souvent une dépolarisation supérieure à l'unité. Jusqu'à présent ce fait, évidemment lié à l'orientation régulière des éléments du cristal, n'a jamais été expliqué. Nous nous proposons de montrer sommairement comment la théorie de la réfraction de Kramers et Heisenberg permet d'interpréter les résultats de nos mesures sur les raies d'oscillation externes de la calcite.

La raie Raman relative à la transition $m \to n$ fait intervenir tous les états intermédiaires k, l, r, à la seule condition que les transitions $m \to k \to n$, $m \to l \to n$, $m \to r \to n$ ne soient pas interdites. On peut la considérer comme émise par un moment électrique sinusoïdal dont les projections sur trois axes de coordonnées rectangulaires ont pour amplitudes :

$$X_R = \alpha \Sigma X(kn) \begin{cases} Y(mk) \\ Z(mk) \end{cases} + \gamma \Sigma X(mk) \begin{cases} Y(kn) \\ Z(kn) \end{cases}$$

$$Y_R = \alpha \Sigma Y(kn) \begin{cases} Y(mk) \\ Z(mk) \end{cases} + \gamma \Sigma Y(mk) \begin{cases} Y(kn) \\ Z(kn) \end{cases}$$

$$Z_R = \alpha \Sigma Z(kn) \begin{cases} Y(mk) \\ Z(mk) \end{cases} + \gamma \Sigma Z(mk) \begin{cases} Y(kn) \\ Z(kn) \end{cases}$$

Les vecteurs $\vec{P}(kn)$ et $\vec{P}(mk)$, qui ont pour composantes $X(kn)$, $Y(kn)$, $Z(kn)$ et $X(mk)$, $Y(mk)$, $Z(mk)$ représentent les amplitudes des moments sinusoïdaux correspondant aux transitions spontanées. On devra prendre, après chaque accolade, Y ou Z suivant que la vibration lumineuse excitatrice sera parallèle à Oy ou à Oz.

Étudions un cristal uniaxe, comme la calcite, et envisageons les six orientations suivantes :

Axe ternaire parallèle à	Ox	Oy	Oz
Vibration excitatrice parallèle à	Oy / Oz	Oy / Oz	Oy (cas A) / Oz (cas B)

On peut faire successivement les trois hypothèses suivantes, en supposant

---

[1] Séance du 21 décembre 1931.

[2] *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 249; *ibid*, p. 1041.

chaque fois, pour simplifier l'écriture, qu'il n'y a qu'un seul état intermédiaire k, l ou r.

Première hypothèse. — $\vec{P}(mk)$ et $\vec{P}(kn)$ sont tous deux parallèles à l'axe ternaire :

	Cas A.	Cas B.
Axe parallèle à Ox...	pas de diffusion	pas de diffusion
» Oy...	id.	id.
» Oz...	id.	$\rho = 0$ $Z_R = (\alpha + \gamma) Z(mk) Z(kn)$ intensité $= d$

Deuxième hypothèse. — $\vec{P}(mk)$ et $\vec{P}(kn)$ sont tous deux normaux à l'axe ternaire :

	Cas A.	Cas B.
Axe parallèle à Ox...	$\rho = 0$ $Z_R = (\alpha + \gamma) X(ml) X(ln)$ intensité $= b$	comme en A
» Oy...	pas de diffusion	$\rho = 1$ $X_R = Z_R = (\alpha + \gamma) X(ml) X(ln)$ intensité $= 2b$
» Oz...	$\rho = \infty$ $X_R = (\alpha + \gamma) X(ml) X(ln)$ intensité $= b$	pas de diffusion

Troisième hypothèse. — $\vec{P}(mk)$ et $\vec{P}(kn)$ sont l'un parallèle et l'autre normal à l'axe ternaire :

	Cas A.	Cas B.
Axe parallèle à Ox...	$\rho = \infty$ $X_R = \gamma Z(mr) X(rn)$ intensité $= c$	comme en A
» Oy...	$\rho = 1$ $X_R = Z_R = \alpha Z(mr) X(rn)$ intensité $= 2a$	pas de diffusion
» Oz...	$\rho = 0$ $Z_R = \gamma Z(mr) X(rn)$ intensité $= c$	$\rho = \infty$ $X_R = \alpha Z(mr) X(rn)$ intensité $= a$

A chacune des doubles transitions $m \to k \to n$, $m \to l \to n$, $m \to r \to n$, correspond une émission de lumière caractérisée par les cases correspondantes du tableau. Ces émissions sont incohérentes, et, si plusieurs d'entre elles se produisent, les intensités lumineuses s'ajoutent. Nous retrouvons ainsi les oscillateurs virtuels introduits empiriquement par l'un de nous, et les carrés moyens a, b, c, d des déplacements de ces oscillateurs trouvent

leur interprétation dans le tableau précédent. Toutes les particularités relatives à l'intensité et à la dépolarisation des raies Raman produites par les oscillations externes de la calcite sont exactement expliquées. L'expérience ([1]) montre que b et surtout d sont petits vis-à-vis de a et de c, et, par suite, que les doubles transitions les plus importantes sont du troisième type; les moins importantes, du premier.

La coexistence des doubles transitions du troisième type avec celles des deux premiers, dans une même raie d'oscillation, doit entraîner une certaine complexité dans la nature fine de la raie. Si l'état final ne différait de l'état initial que par un quantum d'oscillation en plus ou en moins, il serait difficile d'admettre une double transition du troisième type, avec deux moments rectangulaires pour les transitions $r \rightarrow m$ et $r \rightarrow n$.

Sans doute l'étude expérimentale des deux composantes i et I avec l'axe du cristal parallèle à Ox montrera-t-elle une légère différence de fréquence, la composante i étant due à une double transition du troisième type; la composante I, à une double transition du deuxième type.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur le rayonnement γ nucléaire excité dans le glucinium et dans le lithium par les rayons α du polonium.* Note ([2]) de Mme **Irène Curie**, présentée par M. Jean Perrin.

La production d'un rayonnement γ pénétrant, d'intensité très faible, excité dans certains éléments légers par les rayons α du polonium, a été signalée récemment par Bothe et Becker ([3]). Cette découverte importante révèle un nouveau moyen d'étude de la constitution du noyau. En effet, le pouvoir pénétrant de ces rayons, bien supérieur à celui des rayonnements caractéristiques des corps légers, oblige à leur attribuer une origine

([1]) *Transactions of the Faraday Society*, 25, 1929, p. 823. Dans ce Mémoire, l'un de nous donne les valeurs quadratiques moyennes $a = 4,6$; $b = 1$; $c = 3,6$; $d = 0$ pour les raies ± 283 et ± 156 cm^{-1} de la calcite. Ces valeurs résumaient assez bien *toutes* les expériences faites en lumière incidente polarisée ou naturelle, pour *toutes* les orientations du cristal. Les mesures ont été reprises par Mlle D. Osborne (*Thèse d'Université*, Montpellier, 1931), et les nouveaux résultats s'écartent peu des premiers; cependant ils s'accordent un peu moins exactement avec l'hypothèse des oscillateurs virtuels et la théorie exposée dans cette Note.

([2]) Séance du 21 décembre 1931.

([3]) W. Bothe et H. Becker, *Z. f. Phys.*, 66, 1930, p. 289.

nucléaire. Les éléments pour lesquels cet effet est le moins difficile à observer sont le glucinium (béryllium), le bore et le lithium.

J'ai entrepris l'étude du rayonnement excité dans le glucinium et dans le lithium, en employant une source de rayons extrêmement forte, de l'ordre d'une centaine de millicuries, de polonium concentré sur une rondelle de nickel de 1^{cm} de diamètre; les mesures étaient faites par la méthode d'ionisation au moyen d'une chambre montée sur un électromètre Hoffmann; les courants mesurés étaient de l'ordre de 10^{-5} à 10^{-4} U. E. S. L'installation de l'appareil de mesures et la préparation de la source ont été faites en commun avec F. Joliot.

Afin d'éviter la contamination des appareils, la source est enfermée dans un petit récipient étanche fermé par un écran mince; placée au-dessus de la chambre d'ionisation, elle produit à travers 1^{mm} de plomb un courant dû au rayonnement γ pénétrant du polonium. Si l'on applique contre la source une pastille de glucinium, on mesure un courant environ 5 fois plus intense, dû à un rayonnement beaucoup plus pénétrant. Dans la chambre d'ionisation cylindrique, de 8^{cm} de diamètre, de 15^{cm} de hauteur, la source se trouvant à 6^{cm} du fond de la chambre, le courant d'ionisation produit par le rayonnement excité dans le glucinium est d'environ 8×10^{-5} U. E. S. en rapportant à 100 millicuries de polonium.

J'ai mesuré le coefficient d'absorption du rayonnement dans le plomb, les écrans étant posés directement sur la chambre; on a employé jusqu'à 5^{cm} de plomb. En dehors de l'absorption du rayonnement γ du polonium dont l'effet est négligeable au delà de 15^{mm} de plomb, on ne constate aucun effet de filtration; le rayonnement semble homogène; il est absorbé de moitié dans $4^{cm},7$ de plomb, soit 53 gr/cm², et son coefficient d'absorption massique est $(\mu/\rho)_{Pb} = 0,013$.

A titre de contrôle, j'ai mesuré dans les même conditions expérimentales, le rayonnement γ le plus pénétrant des corps radioactifs, celui de ThC″, au moyen d'une préparation de Rth accompagné de ses dérivés. J'ai trouvé après filtration par 20^{mm}, de plomb, une décroissance de moitié dans 16^{mm} de plomb, nombre peu différent de la valeur généralement admise.

Le pouvoir pénétrant du rayonnement γ excité dans Gl est donc très supérieur à celui des rayonnements γ des corps radioactifs; il est bien plus grand que celui qui avait été indiqué primitivement par Bothe et Becker (*loc. cit.*); ce résultat est en accord avec une évaluation plus récente publiée par Bothe dans les Rapports du Congrès de Rome.

Utilisant les coefficients d'absorption (μ/ρ) et les longueurs d'onde λ

que l'on admet pour les rayonnements γ les plus pénétrants du RaC et du ThC″, on peut tracer une courbe d'extrapolation vers les courtes longueurs d'onde de la relation entre μ/ρ et λ, en tenant compte des valeurs calculées par la formule de Klein Nishina pour les rayons cosmiques. D'après cette courbe, la longueur d'onde de la radiation excitée dans Be, serait de l'ordre de 0,6 à 0,7 U.X. et correspondrait à une énergie de 15 ou 20 millions d'électron-volts.

Cette évaluation est sommaire, mais elle indique que le rayonnement considéré appartient à un domaine d'énergie intermédiaire entre celui des rayons γ des radioéléments et celui des rayons cosmiques les moins pénétrants.

J'ai étudié, d'autre part, la radiation excitée par le rayonnement α du polonium dans une feuille de lithium placée contre la source. A travers 1^{mm} de plomb, l'ionisation produite par ce rayonnement γ est à peu près égale à celle qui est due au rayonnement γ du polonium, avec un pouvoir pénétrant inférieur à celui de ce rayonnement. Pour déterminer le coefficient d'absorption, j'ai mesuré pour chaque écran employé le courant produit par la source en l'absence ou en présence de lithium; les rayons γ excités dans Li sont absorbés de moitié dans 4^{mm} de plomb et le coefficient d'absorption massique est $(\mu/\rho)_{Pb} = 0,15$.

Ce coefficient d'absorption correspond à une longueur d'onde de l'ordre de 20 U. X. et à une énergie de l'ordre de 600000 électron-volts.

Bothe propose d'interpréter l'émission des rayonnements γ excités en supposant que la particule α est captée dans le noyau du corps léger de poids atomique A, de nombre atomique N, et se transforme en un noyau de poids atomique $A + 4$, de nombre atomique $N + 2$. Si l'énergie de liaison dans ce nouveau noyau est plus grande que dans le premier, la différence des deux énergies peut être libérée sous forme de rayonnement; il convient également de tenir compte de l'énergie cédée par la particule α. Dans le cas de Be_9 on aurait un noyau C_{13}, dont l'énergie de liaison est probablement de l'ordre de 11 millions de volts; celle de Be_9 n'est pas connue, mais on peut la présumer égale à quelques millions de volts; en tenant compte de l'énergie de la particule α, on arrive au total d'une dizaine de millions de volts, énergie quantique qui paraît inférieure à celle qui est réellement émise.

Dans le cas du lithium, l'énergie du quantum étant beaucoup plus faible, pourrait être obtenue sans impliquer la captation de la particule α dans le noyau.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur l'excitation des rayons γ nucléaires du bore par les particules α. Énergie quantique du rayonnement γ du polonium.* Note [1] de M. **F. Joliot**, présentée par M. Jean Perrin.

Le bore, comme le glucinium (béryllium), le lithium et certains éléments légers [2], est susceptible d'émettre des rayons γ lorsqu'il est bombardé par des particules α. L'intensité de ce rayonnement pour le bore est très faible; Bothe et Becker indiquent un rendement d'excitation de 4 photons pour 10^6 particules α incidentes (rayons α du Po), soit environ 8 fois moins que le rendement relatif à Be. Ces rayonnements ont été étudiés au moyen d'un compteur à pointe; le coefficient d'absorption dans le plomb relatif aux rayons γ du bore excités par les rayons α du polonium a été trouvé du même ordre que celui des rayons γ de Ra(B + C), ce qui correspondrait à une énergie d'environ $10^6 e$V (électrons volts) [2].

Bothe a pensé qu'on pouvait rechercher l'origine de cette émission dans le fait que le bore est capable de se transmuter en émettant, en particulier, deux groupes de rayons H. Si les protons sont disposés sur différents niveaux énergétiques, on peut admettre que l'émission d'un proton du groupe de moindre parcours laisse le noyau à l'état excité et que l'émission γ correspond au retour du noyau à l'état normal. L'énergie des photons ainsi émis correspondrait à la différence d'énergie entre les deux groupes de protons, soit environ $3.10^6 e$volts.

Le fait que l'énergie quantique effectivement mesurée est beaucoup plus faible que celle qui est prévue rendait difficilement acceptable cette interprétation.

J'ai pensé qu'il était utile de mesurer à nouveau le coefficient d'absorption de cette radiation en me plaçant dans des conditions rendues meilleures par l'emploi d'une source de rayons α extrêmement intense et en employant la méthode d'ionisation. La préparation de polonium d'une centaine de millicuries est placée très près d'un disque couvert de poudre de bore et l'ensemble est disposé au-dessus d'une chambre d'ionisation montée sur la partie supérieure d'un électromètre Hoffmann. Des écrans de différents métaux peuvent être introduits entre la source et la chambre. Les courants

---

(1) Séance du 21 décembre 1931.

(2) W. Bothe et H. Becker, *Zs. f. Phys.*, 66, 1930, p. 289.

mesurés sont de l'ordre de 10^{-5} U. E. S. Le polonium émettant lui-même un faible rayonnement γ [1], il est nécessaire de faire deux expériences d'absorption dans le plomb, l'une avec le bore, l'autre en l'absence de bore; on peut ainsi déterminer les coefficients d'absorption des deux rayonnements γ présents. Les résultats sont les suivants :

1° Mes expériences confirment l'existence d'un rayonnement γ émis par Po, son coefficient d'absorption massique dans le plomb est $\frac{\mu}{\rho} = 0,083$. En extrapolant la courbe de Jaeger [2] et en la raccordant à la courbe construite à l'aide des points expérimentaux relatifs à RaC et à ThC on peut estimer l'énergie quantique de ces rayons à 890000 e volts.

2° Le rayonnement γ émis par le bore dans les conditions précédentes a un coefficient d'absorption massique dans le plomb de $\frac{\mu}{\rho} = 0,02$, ce qui, d'après la courbe $\frac{\mu}{\rho} = f(\lambda_{\text{eff}})$ utilisée par I. Curie [3], correspondrait à une énergie de $11.10^6 e$ volts. Ce nombre doit être considéré comme un ordre de grandeur. Ces rayons ont un pouvoir pénétrant beaucoup plus grand que celui qui avait été donné. L'énergie quantique considérable de ce rayonnement le fait placer dans le domaine intermédiaire entre les rayons γ des radioéléments et les rayons cosmiques.

En tenant compte de ce nouveau résultat, on peut reprendre la tentative d'interprétation du phénomène :

Dans le cas où le noyau de bore capte la particule α et émet un proton, nous avons vu que l'on prévoyait l'émission de photons de $3 \times 10^6 e$ volts. Une pareille composante peut exister dans le rayonnement très pénétrant que j'ai mis en évidence, sans qu'il me soit possible d'affirmer son existence.

L'émission des rayons γ de très grande énergie par le bore pourrait correspondre au processus de captation de la particule α par B_{10}, sans émission de proton, suivant le schéma $B_{10} + \alpha = N_{14}$. Le bilan énergétique fournit un excès d'énergie de l'ordre de $12 \times 10^6 e$ volts en tenant compte des

---

(1) W. Bothe et Becker, *Zs. f. Phys.*, 66, 1930, p. 307, et M. Blau et Ekdra Michaïlova, *Wien, Ber.*, 140, 1931, p. 615.

(2) Jaeger, *Zs. f. Phys.*, 69, 1931, p. 565. Cette courbe donne la relation entre $\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{Pb}$ et la longueur d'onde pour les rayons γ jusqu'à 20 U. X.

(3) Irène Curie, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1412.

différences de défaut de masse entre N_{14} et B_{10} (1) (exprimées en énergie par la formule $\Delta E = c^2 \Delta m$), de l'énergie de la particule α et de l'énergie de recul du système. Il y a donc un accord assez satisfaisant entre cette prévision et l'expérience.

En ne tenant pas compte de l'énergie de la particule α, on peut voir que si un processus analogue est admis pour Li_6, soit $Li_6 + \alpha = B_{10}$, l'énergie quantique du rayonnement γ correspondant à la condensation de masse est de l'ordre de 10^6 *e*volts, tandis que pour B_{10} se transformant en N_{14}, elle est inférieure à 8×10^6 *e*volts. Les expériences donnent respectivement 600000 (2) et 11×10^6 *e*volts pour le lithium et le bore. Il existe un parallélisme assez frappant entre ces nombres. Malgré les nombreuses difficultés qui surgissent dans ces interprétations, on peut retenir que l'émission d'énergie sous forme γ par condensation de masse, doit jouer un rôle important dans ces phénomènes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mesure de la concentration en ions hydrogène des liquides au moyen d'une électrode rotative*. Note (3) de M. **P. Lecomte du Noüy**, présentée par M. Roux.

La mesure de pH du sang et du sérum présente des difficultés particulières en raison de l'acide carbonique qui y existe à l'état de carbonate alcalin et qui s'élimine sous forme de CO^2 au contact de l'air, entraînant ainsi une modification de la concentration en ions hydrogène. Il est essentiel d'effectuer la mesure en vase clos, sous atmosphère d'hydrogène, mais il est difficile d'atteindre la saturation complète qui correspond à l'équilibre et à une mesure etable.

Le temps nécessaire à cette saturation est parfois assez long, et ne descend guère au-dessous de 5 à 6 minutes (électrode de Clark). Il est fréquemment de 10 et 15 minutes. De plus la quantité de liquide requis est en général de plusieurs centimètres cubes. Nous avons étudié une électrode qui permet la mesure du pH de n'importe quelle solution, avec une grande précision, et

(1) On suppose que les noyaux contiennent le plus grand nombre possible de particules α.

(2) Irène Curie, *loc. cit.*

(3) Séance du 21 décembre 1931.

dans laquelle l'équilibre est atteint en un temps très court, inférieur à une minute. La quantité de liquide requis est de l'ordre du centimètre cube, ou moins.

Le principe s'apparente à celui dont Hasselbach a montré l'excellence, c'est-à-dire à l'immersion successive de l'électrode dans l'hydrogène et dans le liquide. Mais le point faible de son appareil, ainsi que de celui de Clark, identique en principe, consiste précisément dans le fait que l'immersion, obtenue par un basculement rapide et alternatif de l'électrode, à la main ou au moyen d'un moteur, exige que le platine sorte complètement du liquide à chaque mouvement.

Nous avons pensé qu'il y aurait avantage à plonger successivement le platine platiné dans le gaz et dans le liquide, mais de façon continue très rapide et sans séparer jamais le platine du liquide, de telle façon que la mesure électrique pût se faire sans qu'il soit nécessaire d'arrêter le mouvement. Ce résultat est obtenu très simplement en faisant tourner autour de son centre une électrode en forme de disque, inclinée sur le liquide de façon que sa moitié inférieure plonge dans le liquide, et que sa moitié supérieure soit dans l'hydrogène.

Pendant la rotation (qui peut atteindre 3 à 400 tours par minute) une mince couche de liquide se trouve entraînée sur l'électrode, dans des conditions idéales pour une saturation rapide. La mesure peut s'effectuer pendant la rotation, et l'expérience a prouvé qu'on obtenait des lectures d'une stabilité remarquable. La saturation est atteinte en un temps extrêmement court.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude du sesquioxyde de fer ferromagnétique*. Note (¹) de MM. **A. Girard** et **G. Chaudron**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons montré (²) par l'analyse thermomagnétique que la lépidocrocite $Fe^2O^3.H^2O$ se déshydrate avec production de sesquioxyde de fer ferromagnétique. Nous avons constaté depuis la facile dissociation de cette variété de sesquioxyde de fer anhydre en oxyde salin, Fe^3O^4, et oxygène.

Nos essais ont porté sur différents échantillons de lépidocrocite naturelle

(¹) Séance du 21 décembre 1931.

(²) G. Chaudron et A. Girard, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 97.

ou préparée au laboratoire par l'une des méthodes suivantes : oxydation lente de l'hydroxyde ferreux; hydrolyse du ferrite de sodium et attaque du fer à la température ordinaire par une solution saline aérée (rouille). Nous aurons l'occasion de revenir prochainement sur ces différents modes

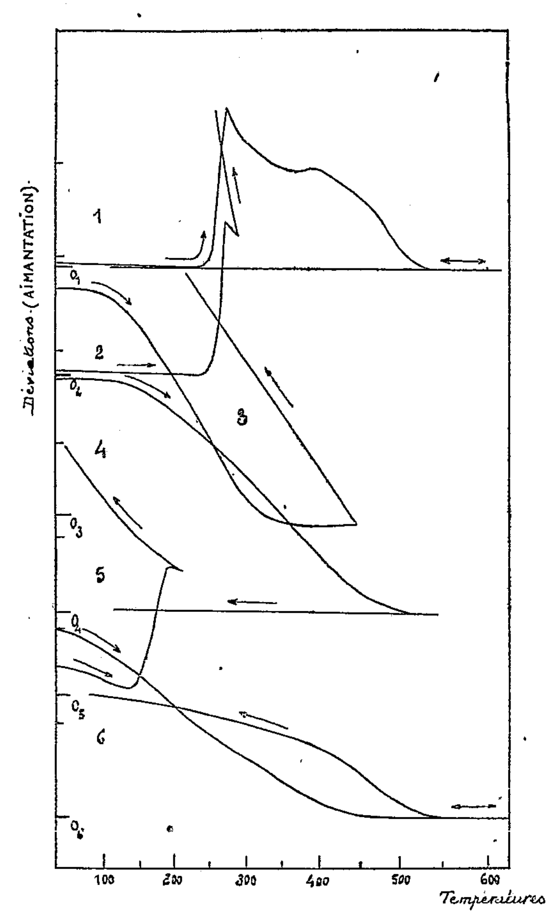


Fig. 1. — Produits chauffés à l'air dans le champ magnétique. Courbe 1, Lépidocrocite provenant de l'oxydation lente de l'hydroxyde ferreux; Courbe 2, Premier cycle (même oxydé); Courbe 3, Deuxième cycle (même échantillon); Courbe 4, Dernier cycle (même échantillon); Courbe 5, Lépidocrocite provenant de l'hydrolyse du ferrite de sodium (premier cycle); Courbe 6, Deuxième cycle (même échantillon).

de préparation qui montrent les relations étroites qui existent entre la lépidocrocite, les ferrites [1] et le sesquioxyde ferromagnétique obtenu par oxydation vers 300° de la magnétite, Fe^3O^4.

---

(1) H. Forestier et M. Galand, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 733.

Les courbes thermomagnétiques ont été établies de deux façons différentes : 1° l'échantillon était chauffé à l'air libre dans le champ magnétique (courbes de la figure 1); 2° le produit était enfermé dans une ampoule de silice où l'on avait fait un vide très poussé (courbes de la figure 2).

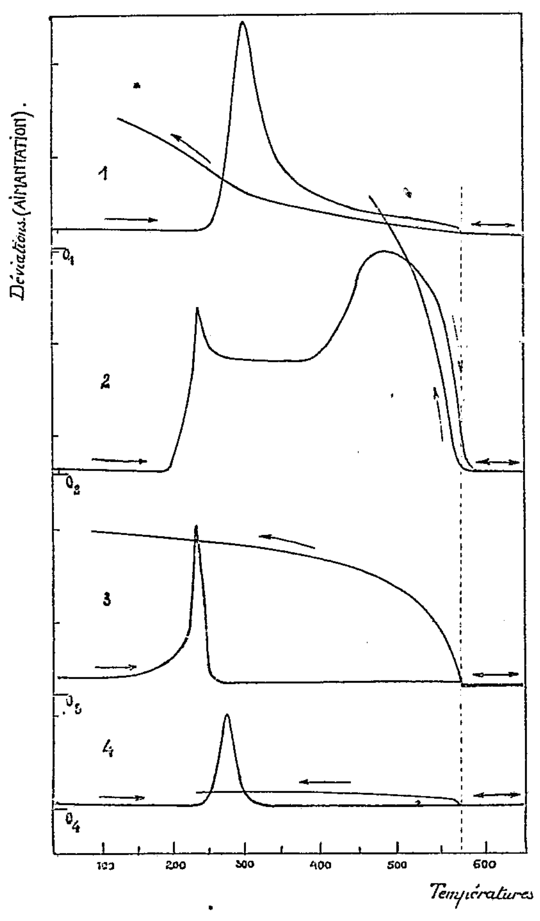


Fig. 2. — Produits enfermés dans une ampoule où l'on avait fait le vide. Courbe 1, Lépidocrocite naturelle; Courbe 2, Rouille; Courbe 3, Lépidocrocite obtenue par oxydation lente de l'hydroxyde ferreux; Courbe 4, *idem*.

Remarque. — Sensibilité de l'appareil : Une déviation d'une unité en ordonnée correspond à 10^{mg} de magnétite pulvérisée.

La courbe 1 (*fig.* 1) montre les variations de l'aimantation en fonction de la température d'un échantillon de lépidocrocite préparée par oxydation lente de l'hydroxyde ferreux. La déshydratation se produit vers 250°; elle est corrélative d'une augmentation brusque de l'aimantation; puis celle-ci

décroît jusqu'à 525° où elle s'annule par suite de la transformation du sesquioxyde ferromagnétique en oxyde stable. On peut étudier les mêmes phénomènes en opérant par cycles successifs représentés par les courbes 2, 3 et 4.

La courbe 5 montre la déshydratation d'une lépidocrocite obtenue par hydrolyse du ferrite de sodium; ce produit se déshydrate vers 140° avec formation d'un sesquioxyde de fer ferromagnétique plus stable que le précédent. En effet, comme nous le voyons sur la conrbe 6, il est possible de le chauffer, au delà de 600°, sans qu'il se transforme.

Dans le vide (courbes de la figure 2), après la déshydratation, on observe une diminution rapide de l'aimantation et la formation d'oxyde salin, Fe^3O^4, indiqué par son anomalie à 570° (point de Curie). On doit donc admettre que le sesquioxyde ferromagnétique se dissocie à une température relativement basse, dès 250° comme l'indique nettement la courbe 2.

L'analyse chimique et l'expérience directe de dissociation vérifient entièrement les indications données par l'analyse thermomagnétique. Parmi les contre-expériences faites sur du sesquioxyde de fer ordinaire (oligiste), nous mentionnerons celles qui ont été effectuées avec de l'oxyde ferromagnétique, préparé il y a quatre ans par oxydation à 250° de l'oxyde salin (1), et vieilli à la température ordinaire (2); nons avons constaté que ce corps avait perdu ses propriétés magnétiques et qu'il ne se décomposait plus à basse température.

Nous poursuivons l'étude quantitative de cette dissociation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Les structures des cristaux de northupite, de northupite bromée et de tychite.* Note (3) de MM. **Hikoichi Shiba** et **Tokunosuké Watanabé**, présentée par M. M. de Broglie.

Nous avons préparé synthétiquement la northupite

$$(2MgCO^3.2Na^2CO^3.2NaCl)$$

et la tychite ($2MgCO^3.2Na^2CO^3.Na^2SO^4$) ainsi qu'un nouveau sel double, que nous avons désigné par le nom de northupite bromée

$$(2MgCO^3.2Na^2CO^3.2NaBr),$$

---

(1) Huggett, *Annales de Chimie*, 10e série, 11, 1929, p. 474.

(2) Voir aussi Sachse et R. Haase, *Z. anorg. Chemie*, 148, 1930, p. 401.

(3) Séance du 21 décembre 1931.

par la méthode de Schulten [1]. Ces trois sels doubles sont des octaèdres réguliers et complètement isotropes quand on les observe à la lumière polarisée. Leurs indices de réfraction et poids spécifiques ont été déterminés et sont donnés par le tableau suivant :

	(N à la lumière blanche).	$d_{4°}^{25°}$.
Northupite	1,510	2,366
Northupite bromée	1,515	2,670
Tychite	1,510	2,549

Nous avons étudié les structures des cristaux de ces trois sels doubles par la méthode de la poudre cristalline. Tous les spectres sont attribuables au réseau cubique à faces centrées. Les dimensions de la maille élémentaire a_0, les nombres des molécules chimiques m qu'elle renferme et les densités d calculées d'après ces résultats sont les suivants :

	a_0.	m.	d (calculé).
Northupite	14,05 Å	8	2,362
Northupite bromée	14,17 »	8	2,722
Tychite	13,90 »	8	2,569

Le groupe de recouvrements correspond à T_h^4, O^4 ou O_h^7 dans chaque cas Les éléments de la maille sont les suivants :

Northupite	$Cl_{16}Mg_{16}C_{32}Na_{48}O_{96}$
Northupite bromée	$Br_{16}Mg_{16}C_{32}Na_{48}O_{96}$
Tychite	$S_8Mg_{16}C_{32}O^{I}_{32}Na_{48}O^{II}_{96}$.

Nous avons essayé de déterminer la position de chaque atome. Les résultats qui expliquent les intensités des spectres observés et qui sont aussi adéquats au point de vue des structures des cristaux déjà étudiés sont donnés par le tableau suivant

Northupite.		Northupite bromée.		Tychite.	
16Cl	16b (*)	16Br	16b	8S	8f
				32O^{I}	32b (u = 0,065)
16Mg	16c	16Mg	16c	16Mg	16c
32C	32b (u = 0,41)	32C	32b (u = 0,41)	32C	32b (u = 0,39)
48Na	48c (v = 0,225)	48Na	48c (v = 0,24)	48Na	48c (v = 0,225)
96O	96e (x = 0,375, y = 0,475)	96O	96e (x = 0,375, y = 0,475)	96O^{II}	96e (x = 0,36, y = 0,46)

(*) R. W. C. Wyckoff, *The Analytical Expression of the Results of the Theory of Space Groups.*

[1] A. de Schulten, *Bull, Soc. chim.*, 3e série, 15, 1896, p. 1145.

Dans la structure de la northupite (ou de la northupite bromée), les atomes de chlore (ou de brome) ont la symétrie propre D_3 dans le cas de T_h^4 et O^4, ou D_{3d} dans le cas de O_h^4 et chaque atome halogène est entouré de six atomes de sodium. Quant aux atomes de magnésium, ils ont aussi la même symétrie que celle du chlore et autour d'eux-mêmes on trouve toujours six radicaux CO_3 à la même distance et deux autres situés un peu plus loin. Les atomes de soufre, dans la structure de la tychite, forment le réseau du diamant, et sont aux centres des tétraèdres des atomes d'oxygène, tandis que les tétraèdres ont pour voisins immédiats six atomes de sodium. Les atomes de magnésium et les groupements CO_3 ont les mêmes configurations que ceux de la northupite.

On peut voir que les arrangements des atomes que nous avons établis ressemblent étroitement à ceux du sel gemme et de la magnésite.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le chromo, le sélénio et le sulfo-aluminate de chaux*. Note [1] de Mlle **Foret**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

A côte des sels doubles : nitro-aluminate de chaux, chloro, bromo et iodo-aluminate de chaux, combinaison d'aluminate tricalcique et d'une molécule de sel de calcium ($3\,CaO.Al^2O^3A^2Ca.NH^2O$), existent d'autres sels doubles, analogues au sulfo-aluminate de chaux, et qui contiennent trois molécules de sel de calcium ; leur formule générale est :

$$3\,CaO.Al^2O^3.3\,A^2Ca.30\,H^2O.$$

Nous avons obtenu le chromo et le sélénio-aluminate de chaux et reproduit le sulfo-aluminate de chaux, par la méthode employée pour les sels précédents. Par mélange de solutions limpides d'aluminate de chaux, du sel de chaux correspondant (CrO^4Ca, SeO^4Ca ou SO^4Ca) et d'eau de chaux, on obtient un précipité immédiat, coloré en jaune dans le cas du chromate de chaux, et d'aspect cristallin analogue à celui du sulfo-aluminate de chaux.

Pour obtenir le sel double, une concentration minimum, indiquée par les courbes des systèmes univariants, est nécessaire. On l'obtient à l'état de pureté en observant pour les solutions initiales les conditions suivantes :

---

(1) Séance du 21 décembre 1931.

1° la concentration de la chaux est supérieure à trois fois celle de l'alumine (exprimée en molécules) : $CaO > 3Al^2O^3$; 2° la concentration du sel de calcium est environ trente fois la concentration en alumine

$$CrO^4Ca \geqq 30Al^2O^3;$$

3° la concentration en CrO^4Ca de la liqueur mère est au moins de $0^{mol},05$ au litre, en SeO^4Ca de $0^{mol},32$.

L'analyse des précipités obtenus après dessiccation sur le chlorure de calcium, a conduit aux formules suivantes, qui se contrôlent l'une l'autre :

$$3CaO.Al^2O^3.3CrO^4Ca.30H^2O,$$
$$3CaO.Al^2O^3.3SeO^4Ca.30H^2O,$$
$$3CaO.Al^2O^3.3SO^4Ca.30H^2O,$$

cette dernière formule, obtenue par Michalis, a été confirmée par Deval, Poirson, Klein et Phillips et Lerch Ashton et Bogne. Les trois corps précédents présentent même aspect cristallin.

L'équilibre entre les quatre constituants : CaO, Al^2O^3, A^2Ca, H^2O, donne lieu, comme pour les autres sels doubles, à trois systèmes univariants distincts. Premier cas (phases solides) : chaux, aluminate tétracalcique, sel double; deuxième cas (phases solides) : alumine, aluminate tricalcique, sel double; troisième cas (phases solides) : aluminate tricalcique, aluminate tétracalcique, sel double. La concentration d'un des constituants dans la liqueur étant arbitraire, celle des autres est déterminée. Nous donnons ici les points qui établissent les trois courbes donnant la concentration du sel de calcium en fonction de la chaux. Elles correspondent aux trois systèmes univariants et sont les projections de courbes que l'alumine situe dans l'espace.

Les concentrations sont indiquées en molécules au litre.

I. — *Phases solides :* CaO, *aluminate tétracalcique, sel double.*

CaO		0,0212	0,0204	0,0195	0,0193
CrO^4Ca		0,0038	0,0120	0,0324	0,0395
CaO	0,0218	0,0195	0,0188	0,0180	0,0158
SeO^4Ca	0,0061	0,0346	0,0520	0,1001	0,1562

Dans le cas du sulfo-aluminate, nous n'avons pu obtenir cette courbe, les quantités de SO^4Ca dissous étant trop faibles pour permettre le dosage.

II. — *Phases solides :* Al^2O^3, *aluminate tricalcique, sel double.*

CaO			0,0035	0,0013	0,0007	0,0002
CrO^4Ca			0,0011	0,0019	0,0041	0,0087
CaO			0,0012	0,0004	0,0003	0,0002
SeO^4Ca			0,0040	0,0161	0,0630	0,1579
CaO	0,0070	0,0050	0,0040	0,0004	0,0002	0,0002
SO^4Ca	0,	0,	0,	0,0005	0,0014	0,0021

III. — *Phases solides : aluminrte tricalcique, aluminate tétracalcique, sel double.*

Décomposition du sel double dans l'eau de chaux.

CaO	0,0168	0,0132	0,0044
CrO^4Ca	0,0008	0,0012	0,0024
CaO		0,0158	0,0066
SeO^4Ca		0,0022	0,0050
CaO	0,0233	0,0074	0,0032
SO^4Ca	0,	0,0505	0,0009

Décomposition du sel double dans l'eau.

CaO	0,0015	CaO	0,0005	CaO	0,0004
CrO^4Ca	0,0033	SeO^4Ca	0,0210	SO^4Ca	0,0026
		Al^2O^3 (1)	0,0002	Al^2O^3	0,0002

Décomposition dans les solutions de CrO^4Ca, SeO^4Ca ou SO^4Ca.

CaO	0,0006	0,0003	0,0002
CrO^4Ca	0,0126	0,0196	0,0333
CaO	0,0003	0,0003	0,0002
SiO^4Ca	0,1330	0,1450	0,2872
CaO	0,00020	0,00015	0,0001
SO^4Ca	0,00871	0,01379	0,01794

(1) Nous avons indiqué, dans une Note du 27 octobre 1930, les concentrations en alumine pour le bromo et l'iodo-aluminate de chaux. Par suite d'une erreur de calcul tous les nombres doivent être divisés par trois.

CHIMIE MINÉRALE. — *Évolution du système iode-soude en excès.* Note (¹) de MM. **E. Carrière** et **Juillard**, présentée par M. C. Matignon.

Le système iode-alcali a déjà fait l'objet de nombreuses études. Diverses propositions ont été formulées sur le mécanisme des transformations.

Pour M. Péchard (*Comptes rendus*, 128, 1899, p. 1453) la formation de l'hypoiodite à partir de l'iode serait réversible; tandis que la formation de l'iodate à partir de l'iode serait irréversible.

Pour M. Brünner (*Zeits. für phys. Chem.*, 56, 1906, p. 321) il y aurait formation transitoire de l'ion IO^2 dans le changement de l'hypoiodite en iodate.

Pour M. Fœrster (*J. of phys. Chem.*, 7, 1903, p. 640) l'hydrolyse et l'acide hypoiodeux joueraient un rôle dans les solutions brunes où l'iode est en excès.

Pour d'autres auteurs comme M. Schwicker (*Zeits. für phys. Chem.*, 16, 1895, p. 303) l'iodate se formerait à partir de l'hypoiodate conformément à l'équation

$$3\,IOK = IO^3K + 2\,KI.$$

Les auteurs qui ont étudié l'évolution du système iode-alcali ont généralement utilisé l'iode en solution dans l'iodure de potassium; c'est-à-dire sous la forme de KI^3, c'est notamment le cas de M. Schwicker (*Zeits. für phys. Chem.*, 16, 1895, p. 303) et de M. Liévin (*Comptes rendus*, 174, 1922, p. 868) qui ont conclu à une réaction du second ordre.

C'est de l'iode finement pulvérisé et exactement pesé que nous avons mis directement au contact d'un volume déterminé de soude titrée, à une température donnée. Dans toutes les séries de déterminations, c'est la même quantité d'iode, soit $2^g,54$, que nous avons fait réagir sur 500^{cm^3} de solution alcaline, la concentration d'iode mis en réaction était donc de $0,04\,I\,\frac{\text{atome-gramme}}{\text{litre}}$.

D'une série à l'autre, c'est la concentration en soude qui varie; nous avons également recherché l'influence de la température.

A des temps déterminés après la constitiuton du mélange mis en réaction, l'hypoiodite est dosé par la méthode de Blackman et Ortou (*J. of. Chem. Soc.*, 77, 1900, p. 830) basée sur la transformation en milieu alcalin de

(¹) Séance du 21 décembre 1931.

l'arsénite de sodium en arséniate. La solution titrée d'arsénite de sodium est employée en excès et l'excès est déterminé par une solution titrée d'iode après neutralisation préalable. La neutralité est obtenue par saturation de gaz carbonique.

Nous avons modifié la méthode sur ce point en neutralisant par de l'acide sulfurique à la concentration $0,01 \frac{SO^4H^2}{2} \frac{\text{mol-gramme}}{\text{litre}}$ ajouté goutte à goutte tout en agitant vigoureusement. La solution est placée sur un papier blanc et on l'additionne d'empois d'amidon pour constater qu'il n'y a pas production d'iode due à la création d'acidité.

L'iodate est dosé ensuite en acidifiant et en déterminant l'iode libéré par la réaction :

$$IO^3H + 5HI = 3I^2 + 3H^2O.$$

Il est tenu compte que dans la formation d'une molécule d'hypoiodite à partir de l'iode, il y a une molécule d'iodure engendrée et que dans la formation d'une molécule d'iodate à partir de l'iode il y a cinq molécules d'iodure engendrées. Les résultats des dosages d'hypoiodite et d'iodate doivent concorder avec la masse d'iode introduite; le contrôle des méthodes analytiques peut être ainsi pratiqué, il a été satisfaisant.

Nous avons reconnu, après les auteurs déjà cités, qu'un excès de soude prolongeait l'existence de l'hypoiodite. Toutefois, même avec une concentration en soude de $0,2\ NaOH \frac{\text{mol-gr}}{\text{litre}}$ qui est cinq fois plus grande que celle qui serait nécessaire pour la transformation de l'iode, il ne reste à 18° au bout de 45 minutes que 8 pour 100 de l'hypoiodite susceptible d'être engendré en totalité.

L'évolution ne nous a pas paru s'effectuer à 18° suivant aucune loi déterminée, pendant les 30 premières minutes, pour une concentration en soude de $0,16 \frac{\text{mol-gr}}{\text{litre}}$; au delà de cette durée nous avons trouvé que la transformation se comportait au point de vue cinétique comme une réaction du troisième ordre et qu'elle s'accordait par suite avec l'équation

$$3IONa = IO^3Na + 2NaI.$$

La concentration en soude devenant égale à $0,20 \frac{\text{mol-gr}}{\text{litre}}$, la concentration en iode restant égale à $0,041 \frac{\text{atome-gr}}{\text{litre}}$, la durée au bout de laquelle la réaction se régularise est réduite à 20 minutes. La concentration en soude

passant de 0,16 NaOH $\frac{\text{mol-gr}}{\text{litre}}$ à 0,20 $\frac{\text{NaOH mol-gr}}{\text{litre}}$ n'amène qu'une très légère augmentation de la constante cinétique, d'environ 10 pour 100.

Cette constante cinétique est peu modifiée par une élévation de température; la constante double quand la température passe de 18° à 50°. Par contre à 50° la réaction se comporte comme si elle était du troisième ordre à partir de l'origine.

Ces résultats nous conduisent à penser que la formation de l'hypoiodite est accélérée par l'augmentation de la concentration en soude et par l'élévation de la température tandis que la transformation de l'hypoiodite en iodate est peu influencée par ces facteurs; ainsi se trouverait expliquée la diminution de la période de début pendant laquelle l'évolution ne suit pas de loi simple, lorsque la concentration en soude croît et lorsque la température s'élève. A 50° et avec une concentration en soude cinq fois plus élevée que la concentration d'iode la formation d'hypoiodite est quasiment instantanée.

Les déterminations de M. Schwicker faites à 12° après 2 minutes seulement de contact s'accordent avec cette conception; dans le cas où la concentration en potasse est sept fois plus grande que la concentration en iode, la proportion d'hypoiodite atteint 66 pour 100 de la quantité totale d'hypoiodite qui peut être théoriquement engendrée, cette proportion tombe à 17 pour 100 lorsque la concentration de la potasse est seulement 2,4 fois celle de l'iode.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés de la série tétrahydrofurylique.* Note (1) de M. **R. Paul**, présentée par M. Matignon.

Dans une Note précédente je m'étais proposé de déterminer la nature de la chaîne formée dans la cyclisation du dibromopentanol-1.2.5 :

$$BrCH^2 - CHBr - (CH^2)^3OH,$$

l'étude du produit obtenu montre que la fermeture de la chaîne se fait entre les carbones 2 et 5.

Soumis à l'action de la potasse pulvérisée, en solution éthérée, cette

(1) Séance du 21 décembre 1931.

dibromhydrine donne naissance aux deux isomères

$$CH^2{=}CBr-(CH^2)^3OH \quad \text{et} \quad \begin{array}{c} CH^2-CH^2 \\ | \qquad | \\ BrCH^2 \quad CH^2 \\ \diagdown O \diagup \end{array}$$

Le bromométhyltétrahydrofurfurane prédomine; c'est un liquide très mobile, d'odeur agréable, mais fortement irritante. Il bout à 67° sous 18mm; sa densité $D_{15}^{13} = 1,483$ et son indice de réfraction $n_D^{13} = 1,4895$ lui assignent une R. M. de 32,15 contre 32,48 calculé. Il s'agit bien là d'un noyau hydrofurfuranique et non d'un noyau pyranique.

Ce composé en effet réagit sur l'acétate d'argent à 150° pour nous donner l'acétate de tétrahydrofuryle

$$\begin{array}{c} CH^2-CH^2 \\ | \qquad | \\ CH^3CO^2CH^2CH \quad CH^2 \\ \diagdown O \diagup \end{array}$$

bouillant à 93-94° sous 22mm et 194-196° sous pression normale; $D_{14}^{22} = 1,064$, $n_D^{22} = 1,43707$; R. M. calculée : 55,62; trouvée 55,41.

En saponifiant cette acétine j'ai pu isoler un alcool bouillant à 176-178° sous 76mm; ses constantes physiques ($n_D^{16} = 1,4525$, $D_{15}^{16} = 1,054$), les points de fusion de la semicarbazone de son pyruvate (184°) ainsi que de sa phényluréthane (60-61°) l'identifient avec l'alcool tétrahydrofurfurylique obtenu par M. Wienhaus en hydrogénant le furfurol. Je dois ajouter qu'un mélange de sa phényluréthane avec un échantillon que je dois à l'obligeance de M. Wienhaus fond également à 60-61°; conformément à des remarques déjà faites sur des corps voisins, les trois dérivés précédents accusent une légère dépression dans leur réfraction moléculaire (compte tenu des erreurs expérimentales).

Pouvait-on prévoir *a priori* la fermeture en 1 — 4 plutôt qu'en 1 — 5? La formation du bromopentenol, témoignant une plus grande mobilité du Br primaire, faisait songer au noyau pyranique

$$CH^2 \begin{array}{l} \diagup CH^2-CH^2 \diagdown \\ \diagdown CHBr-CH^2 \diagup \end{array} O.$$

Les théories stéréochimiques, bien que considérant le noyau hydrofurfuranique comme le plus facile à obtenir, ne nous renseignent que d'une façon bien incertaine : la migration du noyau furanique en noyau pyranique au cours de l'extraction du fructose de l'inuline en est un exemple. Par contre

les théories ioniques donnaient une réponse catégorique : dans le pentenol, l'ionisation de la double liaison polarise positivement le carbone 4 (c'est en effet le plus substitué et c'est aussi ce que montre l'action de HBr, conduisant au dibromopentane 1—4); or, dans l'ionisation des atomes de Br du dibromopentanol, la polarité des carbones 4 et 5 ne doit vraisemblablement pas varier; quant à la fonction alcool elle doit subir l'ionisation acide (la plus facile d'après MM. Prévost et Kirmann), puisqu'il y a formation d'un éther-oxyde.

Des deux ions bipolaires que pourrait donner le départ d'un HBr, H étant pris à OH, le plus à prévoir est donc l'ion

$$BrCH^2-\overset{+}{C}H-CH^2-CH^2-CH^2\bar{O},$$

lequel conduit naturellement à une fermeture furfuranique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les acides dilactyliques.* Note (¹) de MM. **Marcel Godchot** et **Pierre Vièles**, présentée par M. M. Delépine.

Jungfleisch, en collaboration avec l'un de nous (²), a indiqué un procédé commode de préparation de l'acide dilactylique,

$$\begin{array}{c} CH^3-CH-CO^2H \\ | \\ O \\ | \\ CH^3-CH-CO^2H \end{array}$$

à partir du dilactylate d'éthyle préparé par action de l'α-bromopropionate d'éthyle sur le lactate d'éthyle sodé.

L'acide brut ainsi obtenu est constitué (³) par un mélange de 4 à 5 parties de constituant racémique $(d+l)$ et d'une partie d'inactif indédoublable (i); on peut séparer ces deux isomères par cristallisation fractionnée des sels de magnésium.

Il nous a paru intéressant, en vue de recherches ultérieures, de reprendre l'étude de ces acides et d'étudier en particulier leurs stabilités respectives.

Tout d'abord, nous avons constaté que l'acide $(d+l)$ décrit comme étant fusible à 142° l'est en réalité à 112-113°; l'acide *i* fond à 73° (⁴).

(¹) Séance du 21 décembre 1931.

(²) *Comptes rendus*, 144, 1907, p. 979.

(³) *Comptes rendus*, 155, 1912, p. 803.

(⁴) Jungfleisch indique $f = 69°\text{-}70°$ pour l'acide inactif. Le nombre donné pour l'acide $(d+l)$ semble imputable à une erreur d'impression.

A. Une première observation a été faite : l'acide $(d+l)$, chauffé avec l'anhydride acétique, fournit régulièrement l'anhydride $C^6H^8O^4$ ($E_{13} = 110°\text{-}111°$), lequel redonne uniquement par hydratation l'acide $(d+l)$. L'acide *i* dans les mêmes conditions ne subit aucune modification.

B. L'action de l'ammoniaque aqueuse concentrée sur le dilactylate d'éthyle brut permet d'isoler, par cristallisation fractionnée dans l'alcool, les deux dilactylamides $C^6H^{12}O^3N^2$: l'une en quantité prédominante, peu soluble, et cristallisant en grandes aiguilles fondant à 183°, correspond à l'amide $(d+l)$; l'autre, plus soluble en petits cristaux agglomérés fondant à 135°, correspond à l'amide inactive. La facile obtention de ces deux corps nous paraît constituer un moyen rapide de séparation de l'acide $(d+l)$ et de l'acide *i*. Par saponification de ces amides à l'aide d'acide sulfurique normal, il est possible en effet d'obtenir les acides correspondants.

Par contre la saponification par la soude à 10 pour 100 conduit à une observation assez curieuse : l'amide $(d+l)$ fournit bien l'acide $(d+l)$, mais l'amide inactive conduit aussi au même acide $(d+l)$. Une isomérisation s'est donc produite et nous avons constaté qu'elle est imputable à l'action de l'alcali sur l'acide inactif lui-même. Si l'on chauffe en effet cet acide en présence d'un excès de soude à 10 pour 100, la décomposition par l'acide sulfurique étendu du sel de sodium conduit uniquement à l'acide $(d+l)$.

Chauffées à 200° dans un léger courant d'ammoniac gazeux sec, les deux amides précédentes fournissent toutes deux par perte d'ammoniac une seule imide $C^6H^9O^3N$, fondant à 122°, déjà décrite par Jungfleisch et l'un de nous [1]. Ce fait nous paraît assez intéressant, car il prouve, d'une part que l'amide *i* s'isomérise sous l'action de la chaleur en amide $(d+l)$ avant de s'imidiser et semble indiquer d'autre part que les racémiques de cette série sont plus stables que les dérivés *i*. On peut du reste dans l'opération précédente isoler une faible quantité d'amide $(d+l)$, stade intermédiaire entre l'amide *i* et l'imide.

C. *Amides substituées.* — Chauffé à 200° en tube scellé avec un excès d'aniline, le dilactylate d'éthyle brut fournit deux anilides $C^{18}H^{20}O^3N^2$, l'un, en quantité prédominante, peu soluble dans l'alcool, fusible à 168°, correspond à la varieté $(d+l)$, l'autre, moins soluble fusible à 120°, à la variété *i*. Ces deux anilides, qui se présentent sous forme d'aiguilles soyeuses, saponifiées par la soude à 100 pour 100 fournissent un seul acide : l'acide

---

(1) *Comptes rendus*, 145, 1907, p. 70.

$(d+l)$, fait identique à celui signalé plus haut à propos de la saponification des amides.

Les deux paratoluidides $C^{20}H^{24}O^{3}N^{2}$: $(d+l)$, en aiguilles soyeuses peu solubles dans l'alcool, fondant à 179°-180° et i, en gros cristaux aplatis, moins solubles, fondant à 147°, s'obtiennent dans les mêmes conditions que les anilides. Elles donnent lieu aux mêmes observations lors de leur saponification par la soude.

Les analyses et la cryoscopie ont confirmé la constitution des diverses substances décrites plus haut.

En résumé, de ces recherches il résulte que les deux acides dilactyliques inactifs sont inégalement stables. Les dérivés i se transforment facilement en leurs isomères $(d+l)$, la transformation inverse n'ayant encore jamais été constatée.

Ce fait semble expliquer la prédominance de la variété racémique lors de l'obtention du dilactylate d'éthyle brut.

D'autre part les dérivés $(d+l)$ seuls ont montré une aptitude notable à une fermeture de la chaîne pour donner l'anhydride ou l'imide, aptitude qui est sans doute en rapport avec une position favorisée des deux carboxyles dans l'espace.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur la chimie des rubrènes.* Note [1] de M. **Léon Enderlin**, présentée par M. M. Delépine.

En dehors de son oxydabilité réversible, qui en est la propriété fondamentale, et qui a été retrouvée chez tous les composés de la famille, le rubrène présente tout un ensemble de réactions caractéristiques. Parmi celles-ci il faut mentionner particulièrement sa facile transformation en son isomère incolore, le pseudorubrène [2], et son aptitude à donner divers termes d'oxydation réductibles mais non dissociables [3].

---

(1) Séance du 21 décembre 1931.

(2) Charles Moureu, Charles Dufraisse et Gérard Berchet, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1085. — Charles Moureu, Charles Dufraisse et Léon Enderlin, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 673.

(3) Charles Dufraisse et Marius Badoche, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 104. — Charles Dufraisse et Marius Badoche, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 63. — Charles Moureu, Charles Dufraisse et Léon Enderlin, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1528.

Je me suis proposé de vérifier que ces propriétés se retrouvaient, comme l'oxydabilité réversible elle-même, chez les divers rubrènes connus; le présent travail concerne le diméthylrubrène, préparé pour la première fois par M. Willemart [1], mais non étudié au point de vue qui nous occupe.

a. Isomère « pseudo » du diméthylrubrène. — Le diméthylrubrène se décolore pour donner naissance à un produit incolore, analogue au pseudorubrène, lorsqu'on le traite en solution benzénique par un acide fort, tel que l'acide sulfurique. Mais ici le phénomène se complique de l'apparition de deux isomères, dont la séparation est assez laborieuse.

L'un de ces isomères fond à 293-294° au bloc Maquenne. L'autre cristallise avec du solvant et possède deux points de fusion instantanée, d'abord à 220° avec mise en liberté de solvant (benzène), puis, après resolidification, à 271-272°.

Ces deux diméthylpseudorubrènes répondent à la formule $C^{44}H^{32}$.

b. Monoxyde de diméthylrubrène. — Le diméthylrubrène, dissous dans le benzène, est attaqué par l'acide nitrique étendu à l'ébullition. Il donne naissance, dans ces conditions, à un produit incolore qui, d'après les données de l'analyse, est un monoxyde de diméthylrubrène $C^{44}H^{32}O$. Celui-ci cristallise tantôt avec solvant, tantôt sans solvant. Dans le premier cas il possède deux points de fusion instantanée, d'abord à 175° avec perte de solvant (benzène), puis, après resolidification, à 265°. Le produit exempt de solvant fond directement à ce dernier point.

Cet oxyde n'est dissociable sous aucune influence, et n'abandonne d'oxygène libre à aucune température. Par contre il est facilement réductible et régénère intégralement le rubrène qui lui a donné naissance, lorsqu'on le traite par des réducteurs, tels que le fer en présence d'acide acétique.

Le monoxyde se forme non seulement par oxydation de l'hydrocarbure, mais aussi par réduction de l'oxyde dissociable correspondant $C^{44}H^{32}[O^2]$. Il suffit de traiter ce dernier par le zinc et l'acide acétique pour obtenir cette réduction partielle avec d'excellents rendements.

En partant du diméthylrubrène on peut donc, tout comme en partant du rubrène, passer par oxydation soit à l'oxyde dissociable, soit au monoxyde. L'oxyde dissociable, de son côté, peut être ramené soit au terme monoxyde, par réduction partielle, soit au terme hydrocarbure, par réduction totale. Quant au monoxyde, produit intermédiaire, on n'a réussi, en aucun cas, à le faire passer au terme d'oxydation supérieur.

---

(1) A. Willemart, *Ann. Chim.*, 10e série, 12, 1929, p. 394.

En résumé, il existe un étroit parallélisme de propriétés chimiques entre le rubrène et son homologue diméthylé. Toutefois la présence de groupes méthyle introduit une complication, qui se traduit par l'apparition d'une isomérie chez les hydrocarbures du type « pseudo ».

HYDROLOGIE. — *La radioactivité des eaux de quelques sommets des Vosges.* Note [1] de MM. **R. Delaby**, **R. Charonnat** et **M. Janot**, présentée par M. A. Desgrez.

L'examen d'une vingtaine de sources de la vallée de Plombières, en septembre 1931, nous a montré que les eaux jaillissant des divers granites sont les plus radioactives, tandis que les eaux issues du grès vosgien ou du grès bigarré ont une radioactivité faible ou nulle. Ce résultat est en accord avec des conclusions analogues de Lepape [2] sur les eaux de Bagnères-de-Luchon, de Pouget et Chouchak [3] sur des eaux algériennes ; par contre, Loisel [4], dans la région de Bagnoles-de-l'Orne, n'a pas observé la même différence entre les granites et les grès. La radioactivité des roches éruptives étant, d'une façon très générale, supérieure à celle des roches sédimentaires, on peut rapporter à la lixiviation des granites l'origine de l'émanation radioactive des sources de Plombières; mais, en présence de sources très chaudes, à parcours profond, au voisinage de failles, il faut se demander si le radon ne provient pas surtout de roches abyssales à haute teneur en radium; Brochet [5], qui a déjà fait en 1910 une étude d'ensemble de la radioactivité des eaux de Plombières, suggérait que l'émanation prélevée par les eaux chaudes est transmise aux eaux froides superficielles, par l'intermédiaire des gaz spontanés filtrant au travers des roches.

Pour écarter l'incertitude liée au parcours profond et aux failles, nous avons mesuré la quantité de radon présente dans les eaux de sources voisines du sommet de quelques ballons des Vosges. La désagrégation du granite sous l'influence de l'eau et du froid y a constitué des arkoses, avec fond imperméable, où se développent des tourbières et d'où naissent des sources

(1) Séance du 21 décembre 1931.
(2) A. Lepape, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1908.
(3) I. Pouget et D. Chouchak, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 1112.
(4) P. Loisel, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 890.
(5) A. Brochet, *Ann. Mines*, 10e série, 17, 1910, p. 437.

assez abondantes. Notre choix s'est arrêté sur trois sommets exclusivement granitiques : le Champ du Feu, le Hohneck et le Ballon d'Alsace; pour comparaison, nous avons examiné les eaux de deux sommets non granitiques : le Donon (grès rouge vosgien) et le Ballon de Guebwiller (trachytes), ainsi que l'eau de la source de la Moselle, près Bussang (dans le Dévonien supérieur). Il s'agit dans tous les cas d'eaux très froides (5 à 6°), extrêmement peu minéralisées (13^{mg} par litre de résidu à 180° pour la source du Champ du Feu), dont l'origine superficielle est visible. Voici la mesure de leur radioactivité en septembre 1931.

Source.	Altitude du sommet.	Altitude approximative du point d'eau.	Radon en mμc par litre. Eau.	Gaz.
Champ du Feu, S. de la riv. d'Andrau	1099^{m}	1000^{m}	10,08	»
Hohneck, S. de l'Hôtel Litaize............	1361	1315	17,63	»
» S. de la Vologne...............		1193	15,06	36,12
Ballon d'Alsace, S. de la Savoureuse.......	1250	1200	63,51	»
» S. de l'Hôtel Stauffer.....		1178	62,83	»
Donon, S. de l'Hôtel Velleda.............	1008	760	0,83	»
Ballon de Guebwiller, S. de l'Hôtel.......	1424	1250	2,06	»
S. de la Moselle.........................		700	0,83	»

Nous avons prélevé la roche la plus typique du voisinage des sources les plus radioactives, pour examen pétrographique et comparaison de la radioactivité. A la source de la Savoureuse, c'est un granite rose à grands cristaux de quartz et d'orthose, avec hornblende abondante et biotite plus rare, fortement chloritisée, et quelques cristaux de sphène; le granite de la source Litaize est gris, formé de quartz, orthose, microclineline, biotite avec auréoles pléochroïques autour d'inclusions de zircon, et peu d'amphibole; celui du Champ du Feu est formé de quartz, albite, biotite en grands cristaux, ilménite et sphène, sans amphibole. Chaque échantillon, débarrassé des parties externes, a été finement broyé (tamis 90) et placé sur le plateau d'un électroscope Curie et Laborde à grande chambre d'ionisation (diamètre 18^{cm}) et à large électrode (diamètre 10^{cm}); nous avons fait de même pour les éléments de l'un des granites, séparés à la pince, par lévigation et à l'aide du bromoforme. Voici les vitesses de chute de la feuille de l'électroscope (en comparaison, vitesse obtenue dans les mêmes conditions avec

un granite prélevé au griffon de la source Lambinet, la plus radioactive de Plombières, et avec un minerai contenant $1^{mg},18$ de radium par tonne :

Roche examinée.	Vitesse de chute [1].
Minerai radioactif	687
Granite total Source Lambinet	9
Granite total Champ du Feu	1,5
Granite total Hohneck	4,5
Granite total Ballon d'Alsace	17,5
Quartz Ballon d'Alsace	12,5
Feldspath Ballon d'Alsace	2
Mica Ballon d'Alsace	23
Amphibole Ballon d'Alsace	15,5

Il ressort de ce tableau que la radioactivité des granites et celle des eaux qui s'en écoulent varient dans le même sens. La quantité d'émanation la plus forte indiquée pour une source française est $105^{m\mu c},75$ par litre d'eau à Châteldon-Montagne, au voisinage de petits gisements de minerais radioactifs. Les eaux du sommet du Ballon d'Alsace, qui se classent au 4me rang des eaux radioactives françaises, sortent d'un granite particulièrement radioactif; c'est au contact d'une roche banale, non point sur des filons radioactifs ou par venue d'émanation d'origine profonde, que ces eaux prennent leur radioactivité. De l'eau distillée, placée sur ces poudres de granites pendant une dizaine de jours, à la température ordinaire, en vase clos, s'est chargée en radon ; ainsi, 5^{g} de granite du Ballon d'Alsace et 500^{cm^3} d'eau n'ont donné que $0^{m\mu c},011$ par litre d'eau, mais dans la nature, c'est une masse considérable de granite qui est lessivée par une quantité limitée d'eau.

On notera aussi la radioactivité du quartz du Ballon d'Alsace : dans les granites, le support des métaux radioactifs est presque toujours constitué par les inclusions de zircon dans le mica noir, comme en témoignent les auréoles pléochroïques ; le quartz est généralement inactif. Les sédiments (quartzites, grès, sables) formés par des quartz analogues à celui du Ballon d'Alsace peuvent donc aussi donner naissance à des eaux notablement radioactives.

---

(1) La vitesse est exprimée par le nombre de divisions du micromètre parcourues en dix minutes par l'ombre de la feuille sous l'influence de la roche seule, et correspond au rayonnement α.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur un enregistreur des températures sous-marines.* Note [1] de M. P. Idrac, présentée par M. Charcot.

Cet appareil, dont l'étude a été commencée cet été à bord du *Pourquoi-Pas ?*, est basé sur l'emploi du pont de Wheatstone monté pour la mesure d'une résistance variable avec la température.

On s'était heurté jusqu'ici, à la mer, à deux difficultés : 1° isolement convenable du fil résistant immergé pour que des phénomènes d'électrolyse ne viennent pas troubler les résultats; 2° construction d'un galvanomètre enregistreur suffisamment sensible qui ne soit pas gêné par les mouvements du bateau.

Nous avons pu, en levant ces deux difficultés, construire un appareil dont la sensibilité peut être poussée au centième de degré et avec une instantanéité telle que l'équilibre de température dans l'eau est atteint en quelques secondes.

Pour cela le fil métallique servant à la mesure est enfermé dans un fin tube de cuivre rouge enroulé en spirale et relié au câble conducteur par un système de joints agencé de telle sorte que la pression de l'eau en profondeur ne fait qu'augmenter l'étanchéité; le galvanomètre ultrasensible à aiguille est équilibré parfaitement pour toutes les positions et l'enregistrement est fait photographiquement sur une pellicule de 2^m de longueur se déroulant avec des vitesses qui peuvent varier à volonté de quatre heures à huit jours.

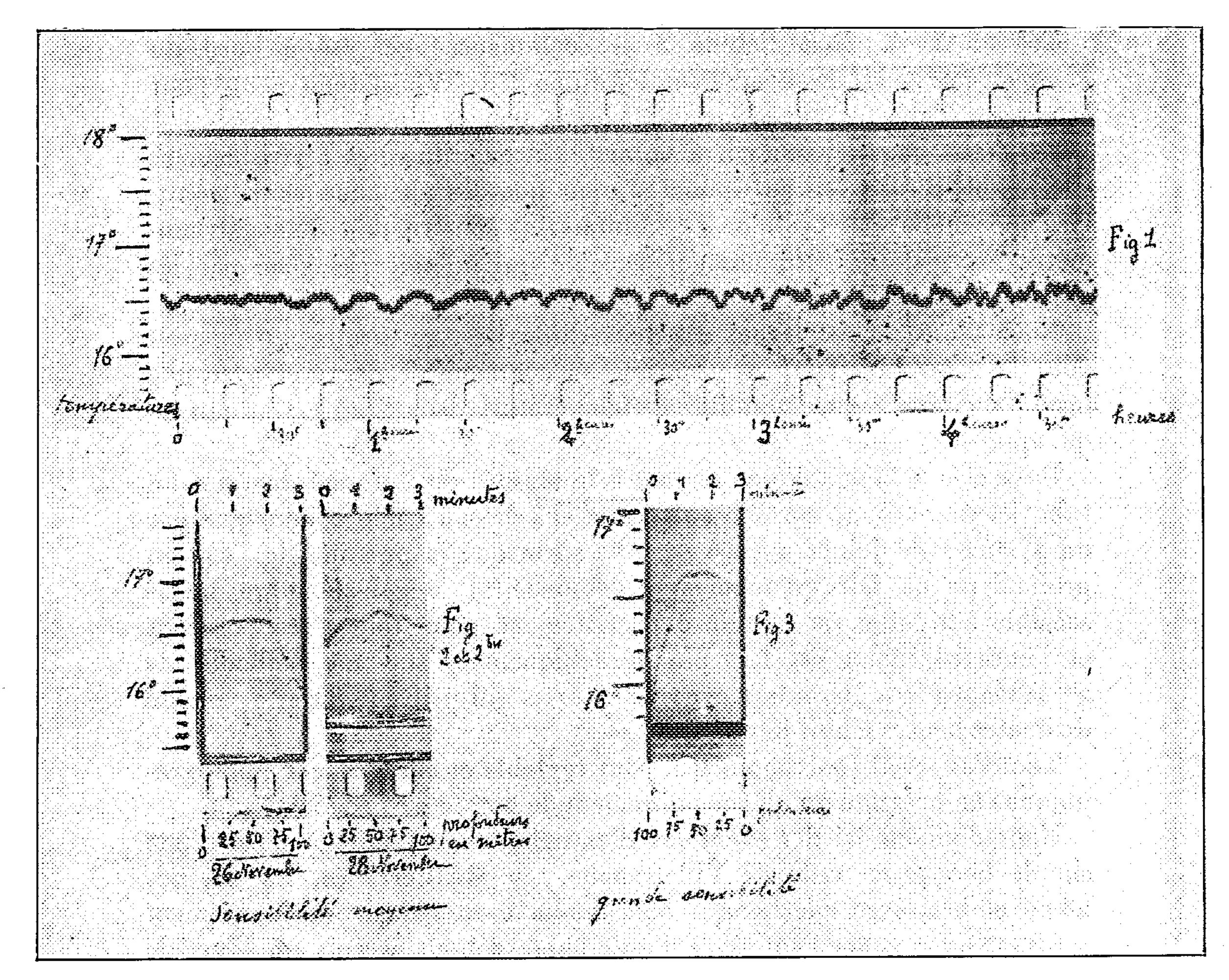
Tout l'appareil (galvanomètre, pont réglable et enregistreur photographique) ne présente qu'un encombrement de $20^{cm} \times 20^{cm} \times 15^{cm}$.

Nous donnons ici des exemples d'enregistrements faits à bord d'une simple barque en rade de Villefranche, en Méditerranée, les 26, 27, 28 novembre, avec une bonne houle donnant au bateau un mouvement suffisant pour gêner l'équilibre d'un homme debout et sans employer de suspension à la cardan. L'enregistrement de la figure 1 a été pris à 25^m de profondeur avec l'appareil fixé à une bouée mouillée par 50^m de fond à peu près au milieu de la rade. On y voit de curieuses oscillations, sortes de vagues sous-marines dont la périodicité était de l'ordre de 10 à 15 minutes et dont l'étude sera faite systématiquement au cours de l'année prochaine.

---

[1] Séance du 21 décembre 1931.

Au-dessous se trouvent des enregistrements depuis o jusqu'à 100^{m} de profondeur à l'entrée de la rade, obtenus en déroulant d'un mouvement uniforme les 100^{m} de cable supportant la résistance. Ils donnent en 3 minutes (en employant un déroulement rapide de la pellicule) la coupe thermique



Enregistrement de températures sous-marines obtenues en Méditerranée.
En haut, effet produit par des ondulations sous-marines en rade de Villefranche-sur-Mer.
En bas, coupes des températures de l'eau de mer entre o et 100 mètres de profondeur.

de la mer. On voit sur les figures 2 et 2 *bis* les changements profonds dans la répartition des températures entre le 26 et le 28 novembre (¹). Les enre-

(¹) Les points principaux des courbes obtenues ont été vérifiés à l'aide d'un thermomètre à renversement.

gistrements 2 et 3 ont été pris le même jour en des points voisins mais avec des sensibilités différentes. On remarquera entre autres vers 85^m de fond un petit palier correspondant à une couche isotherme (16°,3) dont l'épaisseur ne dépasse guère 2 ou 3^m et qu'il aurait été à peu près impossible de mettre en évidence avec la méthode des thermomètres à renversement.

Cet appareil se prête donc, du moins pour les profondeurs ne dépassant guère quelques centaines de mètres, à un enregistrement rapide de la coupe thermique des mers ou des lacs; il permet également l'enregistrement continu des faibles variations locales de température important pour la recherche des mouvements internes des eaux de la mer, si utile en biologie maritime.

VOLCANOLOGIE. — *Le dôme récent de la Montagne Pelée.* Note de M. **Frank A. Perret.**

Comme M. A. Lacroix l'a si bien décrit en 1902-1903, deux mécanismes s'unissent pour la formation des dômes volcaniques — les épanchements de lave et les poussées d'aiguilles. Le premier s'explique par lui-même, mais le second mérite, semble-t-il, un peu de discussion, à cause de la tendance des aiguilles à monter plus ou moins verticalement. Sur le sommet d'un dôme, il semble assez naturel de voir pousser ainsi ces formations, mais, quand on voit, sur une pente d'éboulis de 35°, une série de ces obélisques, verticaux et alignés, on se demande pourquoi et comment ils poussent toujours vers le ciel et à travers les matériaux les plus chaotiques? L'explication se trouve dans le fait, généralement admis pour la quasi-totalité des phénomènes volcaniques, du pouvoir perforateur et excavateur des gaz. Soit une fissure contenant du magma, sans communication avec la surface, les gaz se creusent des voies en forme de cheminées verticales, et sortent par des ouvertures espacées et alignées. Le magma les suit, se solidifie au contact avec les parois, et l'obélisque ainsi formé, est poussé au dehors, où la consolidation devient définitive. Les épanchements de lave ont lieu de la même manière, mais les voies de sortie étant

(1) Séance du 26 octobre 1931.

plus faciles, le magma reste à haute température et s'épanche avant de se solidifier.

Pendant deux mois, la carapace du dôme était si mince, et sa masse si fluide, que les aiguilles tombaient en basculant sur leur base encore pâteuse, formant ainsi des sortes d'énormes poires. L'aiguille la plus importante date du 25 mars 1930, elle n'a pas tardé à tomber, roulant sur les pentes jusqu'au voisinage du Morne Lénard. J'ai suivi la production de deux aiguilles. La première montait avec une vitesse d'environ 1^m par heure, la pente du dôme s'ouvrant comme de la terre sous la poussée d'un champignon. Du magma encore pâteux montait plus vite que l'aiguille, formant comme une cravate autour d'elle, puis il se solidifiait. Le tout ne devenait résistant que lorsque l'aiguille avait atteint 3^m environ. Dans le second cas, le magma pâteux était accompagné de poussées de vapeur sortant entre l'aiguille et la pente. Quoique cette aiguille soit restée petite, l'émission de vapeur a duré plusieurs semaines. La hauteur moyenne des aiguilles d'une certaine importance était comprise entre 12 à 18^m.

Déplacement du dôme. — On sait que le dôme de 1902 s'est déplacé assez vite vers le nord-ouest, où ses pentes se sont soudées au pied du Petit Bonhomme et que ses éboulis ont dépassé le bord de l'ancien cratère. Le nouveau dôme, au contraire, a laissé une rainure entre ses pentes et la paroi nord de l'ancien dôme, tandis que, vers l'est, son cheminement a comblé d'abord la petite bouche dont j'ai parlé plus haut, puis, se déplaçant vers le sud-est, ses éboulis ont atteint les parois restantes de l'ancien dôme, les ont écrasées, puis surmontées et dépassées, pour se déverser au dehors dans la rainure de l'ancien cratère. Ce contact avec les matières froides de l'ancien dôme a eu pour effet la solidification du nouveau dôme de ce côté, solidification qui a été définitive, causant la cessation de toute activité, à l'exception de quelques fumerolles. Le dôme s'est déplacé dernièrement vers le sud-ouest, et cette marche se poursuit actuellement (septembre 1931). Les éboulis dépassent le premier morne descendant de la Petite Savanne, qui a toujours constitué le bord sud de l'échancrure du volcan. L'extrémité sud-ouest de la rainure de l'ancien cratère est comblée, et les éboulis pourront bientôt couper le chemin d'accès au sommet par la Petite Savanne. De l'autre côté, les éboulis arrivent au « Petit Bonhomme ». L'altitude du sommet du dôme actuel un peu supérieure au point culminant de celui de 1902. Les dernières mesures, communiquées par l'observatoire du Morne des Cadets, donnent 231^m au-dessus du Petit Bonhomme (15 septembre 1931).

Les coulées. — Toutes les vraies nuées ardentes de cette période éruptive sont sorties d'ouvertures pratiquées dans le dôme de 1902, et principalement des deux bouches déjà décrites, au nord et au sud-est de la formation centrale. Quand le nouveau dôme est devenu, par le comblement de ces bouches, le seul organe d'émission du volcan, — il y a un an à peu près — le caractère de ces manifestations est devenu différent des véritables nuées ardentes. La transition s'est effectuée graduellement. Dans les nuées s'échappant du dôme, je distingue quatre types principaux. Le premier est un éboulement produit par la poussée au dehors d'une petite quantité de magma. C'est une imitation de la vraie nuée ardente, mais ce magma, n'étant pas fortement chargé de gaz, il ne produit qu'une avalanche de blocs, lourde, glissant sur la pente et excavant une profonde tranchée, émettant des volutes cendreuses assez denses, en choux-fleurs de couleur claire. Le second type, semblable au premier, est provoqué par une forte pluie qui, tombant sur le dôme, semble le pénétrer et former, au bout d'un certain temps (un quart d'heure à une heure et demie et même davantage), une espèce d'émulsion descendant rapidement, émettant des nuages cendreux avec prédominance de vapeur d'eau. Il faut s'attendre à ce genre de coulée à chaque averse abondante. Elle constitue parfois un phénomène important; au printemps de 1930, certaines d'entre elles se sont prolongées par la Rivière blanche jusqu'à plusieurs kilomètres en mer.

Il y a ensuite l'avalanche de blocs, incandescents et sans nuage, et, enfin, une dernière catégorie, à température plus basse, cendreuse, consistant en blocs de même grandeur, roulant rapidement et loin, et portant souvent des gaz carbonés non parfaitement oxydés; ce dernier type provient, bien entendu, d'une portion du dôme déjà partiellement refroidie.

Les fumerolles. — Un groupe de fumerolles s'est formé sur les pentes du nouveau dôme au Sud-Est, alignées presque horizontalement, et marquant la zône de contact où le nouveau dôme a dépassé l'autre. Elles sont aqueuses et peu importantes. Là où le sommet de la partie refroidie est en contact avec celle en activité, il y a eu production de vapeurs transparentes bleuâtres à plus haute température.

Les variations de masse. — J'ai pu suivre ces variations par une méthode inédite. L'observation prouve que, sur une construction volcanique active, tout bruit a une note définie qui dépend de la masse de l'édifice. Tout sifflement de vapeur, tout fracas d'avalanche, ou chute d'aiguille, tout son provenant du dôme a la même note à un moment donné. Il suffit donc de déterminer, à l'aide d'un diapason réglé, le timbre de ces sons,

pour suivre l'augmentation ou la diminution de la masse. Au début de novembre 1930, le dôme était en *si bémol*. Trois mois après, à cause de l'augmentation de sa masse, les sons étaient plus graves, et leur timbre exactement le *la*. Le 13 avril, *sol* ♯; le 4 juin, *sol*; le 25 juin, un peu au-dessous du *sol*; mais le 10 août, le timbre était remonté au *sol*♯, *et il continue à devenir plus aigu*, preuve que la masse du dôme commence à décroître; que l'apport de magma dans l'intérieur du dôme n'égale plus les pertes par éboulement et érosion.

BOTANIQUE. — *Sur la répartition géographique de quelques algues marines dans la région nord des côtes du Portugal.* Note [1] de M. **R. Lami**, présentée par M. L. Mangin.

Il a déjà été signalé par G. Hamel et J. Feldmann que les côtes occidentales de la péninsule ibérique avaient un rôle important dans la répartition géographique des algues marines; la présence de zones sableuses étendues pouvant limiter l'extension de certaines espèces.

Pendant un récent voyage sur les côtes portugaises, entre le Minho et le Mondego, nous avons pu préciser la répartition de quelques Fucacées et Laminaires et constater que certaines s'avançaient plus au sud que les publications antérieures l'indiquaient, confirmant ou infirmant, dans quelques cas, des indications douteuses de Colmeiro ou de Hauck.

Pelvetia canaliculata. — Indiqué en Galice par Hamel, nous l'avons rencontré sur les roches abritées de Viana do Castelo. Sa station du port de Leixoes, où sa végétation est malingre, semble la plus méridionale, les récoltes de Bedeau à Cadix en 1830 étant des épaves. Par ses réceptacles effilés, ce *Pelvetia* nous parait constituer une race locale s'étendant jusqu'à la Corogne.

Fucus platycarpus. — Sous sa forme *typica*, nous l'avons rencontré à Viana où il coexiste avec l'*Ascophyllum*. Sur la digue du nord du port de Leixoes, il occupe seul *Fucus* une zone de 1m30 de haut au-dessus des *Himanthalia* et demeure séparé des *Pelvetia* par une bande de roche nue de 15 à 20cm de haut, bande représentant l'emplacement que sa forme *spiralis* occupe généralement. Cette f. *spiralis* n'a été rencontré qu'au nord de Lima. Plus au sud, sa f. *typica* représente seule le genre Fucus sur les ouvrages d'art de l'entrée de la lagune d'Aveiro, mais n'a pas été rencontré dans la région de Mondego.

Fucus vesiculosus. — Dans la région parcourue, ce Fucus est sporadique; peu commun à Viana sous sa forme type, il existe à Sao Jao da Foz sur la digue de l'entrée

(1) Séance du 21 décembre 1931.

du Douro sous des formes non vésiculeuses, robustes mais étroites, voisines de la var. *angustifolius* Turn. A Figueira, il se réfugie dans l'estuaire de Mondego et y remplace, seul, sur les quais, les *F. platycarpus* et *ceranoides*. Il supporte, en septembre, dans cette station, des salinités de 27,28 à 18,61 pour 1000.

Fucus ceranoïdes. — Rencontré dans l'estuaire du Lima et très abondant dans l'entrée du Douro (salinité en octobre de 30,81 à 15,4 pour 1000) nous ne l'avons pas rencontré plus au sud dans l'estuaire de Mondego.

Fucus serratus. — Indiqué par Hamel et Feldmann comme ne dépassant pas le cap Ortegal, nous l'avons cependant rencontré assez abondant à Viana sur les roches de l'entrée du port. Les indications de Hauck le situant à Foz de Douro n'ont pu être confirmées.

Himanthalia lorea. — Existe sur la côte entre le Lima et le Minho. Plus au Sud, nous ne l'avons rencontré qu'à Leixoes sur la digue nord du port et les roches voisines où il était extraordinairement couvert de grandes épiphytes : Ulves, Entéromorphes et Ectocarpes variés. Commun en épaves à Buarcos, il nous y a été indiqué comme vivant en place par un ramasseur d'algues, sans que nous ayons pu vérifier cette indication.

Ascophillum nodosum. — Nous ne l'avons rencontré que sur les rochers abrités de Viana où il se présente sous une forme particulière, petite, d'allure pennée, à axe très aplati, rarement vésiculifère, et à rameaux primaires très rares. Cette forme ayant été récoltée non loin de là, à l'embouchure du Minho, par Hamel, il nous semble constituer une race particulière à la région.

Laminaria saccharina. — Trouvée en place à Montedor et en épave à Viana, en échantillon de taille moyenne, peu gaufrés et peu godronnés, cette Laminaire existe sur toute la côte entre le Minho et le Lima mais semble manquer plus au Sud; sa station de l'entrée du Tage demandant confirmation.

Laminaria flexicaulis. — Un seul mauvais échantillon ramassé en épave à l'entrée du Minho ne nous permet pas d'affirmer la présence de cette espèce sur les côtes portugaises.

Laminaria pallida var. *iberica*. — Rencontrée en petits échantillons sur toute la côte explorée, cette variété qui constitue sans doute une espèce distincte, atteint à Montedor sa plus grande taille (1^m,20).

Laminaria Cloustoni. — Bien qu'indiquée comme ne dépassant pas le nord du Portugal, nous l'avons rencontrée sur toutes les roches entre le Minho et le Douro. Très commune au cap Mondego et à Buarcos, elle a franchi la zone sableuse séparant le Douro du Mondego.

Il y a lieu d'insister sur la répartition sporadique des *Fucus*, la présence exclusive du *F. vesiculosus* dans des eaux notablement dessalées ainsi que sur l'extension locale du *F. platycarpus* f. *typica* qui, dans certaines stations, occupe seul la zone qu'il partage avec les *F. vesiculosus* et *serratus* dans les régions septentrionales.

L'absence, à Leixoes, de la f. *spiralis* du *F. platycarpus* dans la zone nue existant entre la f. *typica* et les *Pelvetia*, zone que des germinations de la

f. *typica* ne viennent pas occuper, peut permettre de penser que la f. *spiralis* n'est pas une variété écologique de la f. *typica* et que, si d'autres observations confirmaient cette hypothèse, les deux formes pourraient être séparées spécifiquement.

BOTANIQUE. — Stapeliopsis Madagascariensis *n. sp.*, *Céropégiée cactiforme de Madagascar*. Note (¹) de M. **P. Choux**, présentée par M. H. Lecomte.

Les Asclépiadacées aphylles actuellement connues à Madagascar appartiennent toutes, sauf le *Nematostemma Perrieri* Choux qui est une Asclépiadinée, à la tribu des Cynanchées.

Mais on n'a jamais signalé, dans notre grande île de l'Océan Indien, de Céropégiée cactiforme, alors que, sur le continent africain, ce groupe est représenté par de nombreuses espèces de *Stapelia*, de *Duvalia*, d'*Heurnia*, etc. Nous avons bien, il y a quelques années (²), décrit quatre *Ceropegia* malgaches, dont les tiges, plus ou moins crassulescentes, ne portent qu'un petit nombre de feuilles, de dimensions d'autre part assez réduites. Toutefois il s'agit là surtout de plantes, en quelque sorte subaphylles, et n'ayant pas veritablement l'aspect cactiforme.

Au contraire la Céropégiée récoltée récemment (en février 1931) à Madagascar par M. Decary, à 15^{km} au nord d'Ambovombé (province de Fort-Dauphin) a bien le port d'une Cactacée.

Cette plante extrêmement rare vit là en plein soleil, sur des sables subactuels, formant des *touffes serrées*, dont chacune se compose de 300 à 400 tiges. La *hauteur maxima de ces tiges* est très uniforme et ne *dépasse pas une dizaine de centimètres*, leur diamètre étant de 6 à 8^{mm}. Ces tiges, *charnues*, présentent *six côtes longitudinales*, rehaussées de *mamelons*, eux-mêmes surmontés par une épine courte et triangulaire, qui est plus ou moins horizontalement disposée. Ces mamelons alternent d'une côte à l'autre; il y a donc des *verticilles alternes de trois mamelons chacun*. La plante est *dépourvue de feuilles*.

Les fleurs sont groupées en petits bouquets pauciflores, qui sont toujours à la base de la tige. Les sépales, ovales-triangulaires, aigus au sommet,

---

(¹) Séance du 21 décembre 1931.

(²) P. Choux, *Les Asclépiadacées malgaches de la région d'Ambovombé* (*Bull. du Mus. d'Hist. nat.*, 31, 1925, p. 398-401).

glabres, soudés à la base sur $0^{mm},7$ à 1^{mm} de longueur, ont $4^{mm},7$ de longueur sur $1^{mm},6$ à $1^{mm},9$ de largeur. La *corolle*, *de consistance un peu charnue*, est largement campanulée et a $2^{cm},5$ de diamètre. Elle est formée de cinq pétales, *tachetés de pourpre*, de 13 à 15^{mm} de longueur et soudés sur 6 à 7^{mm} de hauteur. Les lobes, triangulaires aigus, ont 6 à 9^{mm} de longueur sur 6 à 7^{mm} de largeur à la base et présentent une légère carène dorsale; en outre, à chaque sinus, on remarque une pointe, saillante extérieurement. Intérieurement, la corolle, qui est papilleuse, porte, sauf dans la partie inférieure du tube, des *poils cylindriques, massifs*, de 1^{mm} à $1^{mm},4$ de longueur sur $0^{mm},128$ de largeur et *terminés* chacun *par une cellule sécrétrice solitaire colorée en rouge*.

La *couronne*, soudée au gynostège, est *double*. La couronne externe, de $3^{mm},5$ à 4^{mm} de hauteur, est formée de cinq pièces oppositipétales, libres entre elles jusqu'à la base, tout au moins extérieurement, car, intérieurement, ces pièces sont réunies entre elles par l'intermédiaire de la couronne interne, dont les cinq pièces, oppositisépales et alternes avec celles de la couronne externe, sont précisément soudées à leur base avec cette couronne externe. Ces pièces de la couroune externe sont plus ou moins rectangulaires dans leur partie inférieure, qui a $1^{mm},4$ de largeur, se bifurquent à $1^{mm},7$ ou 2^{mm} de hauteur en deux dents triangulaires et légèrement divergentes, entre lesquelles il y a parfois une minuscule petite dent, et dépassent le gynostège d'environ 2^{mm} à $2^{mm},5$. Les pièces de la couronne interne sont entières, triangulaires et nettement plus courtes (1^{mm} à $1^{mm},3$ de longueur seulement). Elles sont soudées aux étamines sur la moitié de leur longueur à peu près, mais la partie supérieure, libre, reste appliquée contre les anthères et se rabat en même temps que ces dernières sur le stigmate. Dans l'ensemble, cette *couronne ressemble à celle du* Caralluma dependens N. E. Br., décrit et figuré dans les *Hooker's Icones Plantarum* (1).

Les *pollinies*, très aplaties sont placées horizontalement à l'extrémité de caudicules eux-mêmes horizontalement disposés. Le *stigmate*, pentagonal, avec cinq angles saillants, présente sur sa face supérieure cinq excavations assez prononcées, dans lesquelles sont logées les anthères avec leurs pollinies, qui se rabattent en effet sur cette face supérieure du stigmate.

Les *fruits*, de coloration blanc grisâtre et parsemés de taches brun rougeâtre très foncé lorsqu'ils ne sont point encore arrivés à maturité, sont des follicules généralement disposés par paires. Cependant il arrive assez

(1) HOOKER et OLIVER, *Hooker's Icones Plantarum* (Third Series, 10, pl. 1903, 1891).

fréquemment qu'un seul follicule se soit développé. Ces follicules, allongés et étroits, ont de $8^{cm},2$ à $10^{cm},3$ de longueur sur $6^{mm},5$ de largeur. Ils renferment des graines de $4^{mm},5$ de longueur sur $3^{mm},5$ de largeur, et surmontées par une aigrette de poils de 17 à 22^{mm} de longueur.

La Céropégiée cactiforme dont nous venons de préciser les caractères *se rapproche des deux genres Caralluma et Stapelia* tous deux d'ailleurs inconnus à Madagascar, mais parfaitement réprésentés sur le continent africain. Si l'ensemble de son organisation florale la rapproche surtout des *Caralluma*, son aspect général et son port sont ceux des *Stapelia*. Il y a donc lieu de *créer pour cette espèce un genre nouveau*, le genre *Stapeliopsis* et nous appellerons *Stapeliopsis madagascariensis* cette plante vraiment curieuse, qui se distingue si nettement des autres Céropégiées malgaches et qui, dans l'état actuel de nos connaissances, *est à Madagascar l'unique représentant d'un groupe qui compte de nombreuses espèces en Afrique tropicale.*

BOTANIQUE. — *Les* Pediastrum *de France.*
Note [1] de M. **E. Bigeard**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Morphologie, Systématique. — Le genre *Pediastrum* Meyen, comme beaucoup de genres de Protococcacées, a été pulvérisé par les auteurs en un grand nombre d'espèces et de variétés : Brunnthaler, dans *Die Suesswasserflora*, en énumère près de 80. Une étude biologique, que je poursuis depuis quatre années et dont les résultats détaillés seront publiés prochainement, m'a convaincu que la plupart des caractères morphologiques invoqués par les algologues à l'appui de leurs nombreuses coupures ne sont pas héréditaires et n'ont pas de valeur systématique : ce sont des modifications individuelles, qui sont dues, pour beaucoup, soit à l'âge, soit à l'influence du milieu.

J'ai été amené à cette conclusion par des examens multiples de pêches, planctoniques et benthiques, spécialement riches en *Pediastrum*, et par l'observation de cultures maintenues vivantes au laboratoire. La coexistence d'espèces voisines, également abondantes, dans le même milieu naturel est une circonstance heureuse, qui facilite les comparaisons et fait ressortir les différences spécifiques. La multiplication intensive d'une espèce donnée, le voisinage des colonies âgées et des tout jeunes cénobes

(1) Séance du 21 décembre 1931.

qui en sont issus, permettent aussi de résoudre bon nombre de difficultés.

Parmi les caractères qui subissent l'influence de l'âge et du milieu on peut citer d'abord les lacunes et méats des colonies à disque clathré et perforé (*P. duplex*, *biridiatum*, *simplex*). Quand on suit le développement de la plante dans son milieu naturel, on remarque que les jeunes colonies débutent par un stade à grandes lacunes (variétés *reticulatum*, *clathratum* des auteurs), puis s'acheminent, en grandissant, vers un stade à petites lacunes (var. *microporum*). Le milieu intervient aussi : les lacunes restent d'autant plus grandes que l'agitation de l'eau est plus forte, c'est-à-dire que la masse d'eau est plus étendue, plus profonde et plus exposée au vent. Chez les colonies fixées sur un support, à l'état naturel ou dans les cultures, les lacunes deviennent, de bonne heure, petites ou nulles : chez *P. simplex* surtout, on trouve tous les passages entre les formes à disque largement clathré et les formes à disque plein.

Les pointes des cellules marginales présentent également des caractères extrêmement variables en fonction de l'âge et du milieu. Chez *P. simplex*, *Kawraiskyi*, *Boryanum*, *duplex*, *biradiatum*, on peut mettre en évidence la règle suivante : la pointe est d'autant plus mince et les bords de la cellule marginale sont d'autant plus concaves que la colonie est plus jeune; dans les colonies adultes, la pointe a une longueur relative d'autant plus grande que le milieu est plus agité. Ainsi des prétendues espèces, telles que *P. Sturmii* Reinsch, *P. ovatum* (Ehrb.) A. Br., ne sont que des formes âgées ou benthiques de *P. simplex*.

Chez *P. Boryanum*, *angulosum*, la profondeur de l'échancrure qui sépare les deux pointes de la cellule marginale n'a pas la valeur spécifique que lui ont attribuée certains auteurs : l'échancrure peut devenir nulle et la paroi tout à fait convexe dans les colonies plus ou moins enkystées et chez celles qui se développent sur la boue du fond, sur les pierres ou les plantes immergées. Ainsi doivent disparaître des espèces, telles que *B. integrum*, Naeg., *P. muticum* Ktz., et des variétés, telles que *var, inerme*, *brevicorne*, *longicorne*, *rotundatum*.

Enfin certains ornements de la membrane cellulaire : granulations (var. *granulatum*, *punctulatum*, *asperum*), plissements (var. *araneosum*)... n'ont pas plus de valeur systématique : ils varient en fonction de l'âge, du milieu et parfois de la saison.

Je ne prétends pas être en mesure d'expliquer toutes les formes que revêtent les espèces si polymorphes du genre *Pediastrum*; mais je crois que de très nombreux noms d'espèces et de variétés devraient disparaître,

comme tels, de la nomenclature, parce qu'ils se rapportent seulement soit à des formes stationnelles, soit à des stades de développement. La systématique des *Pediastrum* de France et d'Europe se réduirait ainsi à huit espèces et une variété : *P. simplex* Meyen, *P. Kawraiskyi* Schmilde, *P. Boryanum*, (Turp.) Meneg., *P. Boryanum*, var. *capituligerum* (Lucks) Nitardy, *P. angulosum* (Ehrb.) Meneg., *P. duplex* Meyen, *P. biradiatum* Meyen, *P. Tetras* (Ehrb.) Ralfs, *P. Braunii* Wartmann (*P. tricornutum* Borge). Parmi ces espèces, *P. biradiatum* a été rarement observé en France et j'ai été le premier à signaler (¹), dans notre flore, *P. Kawraiskyi*, espèce de l'Asie et de la région baltique.

Reproduction. — Sauf chez *P. Braunii*, espèce des tourbières de montagne, que je n'ai pu obtenir vivante, j'ai pu observer, au moins partiellement, la multiplication asexuée de toutes les espèces. Le jeune cénobe naît tantôt d'une cellule végétative normale, tantôt d'une cellule enkystée. Le groupement des spores en disque plan a toujours lieu à l'intérieur d'une vésicule hyaline, en dehors de la cellule mère, mode de reproduction très caractéristique des *Pediastrum*. Sauf chez *P. Tetras*, la vésicule sort de la cellule mère par une fente, située en pleine paroi libre, et les spores sont toujours mobiles, passant par une phase zoospore de durée très brève; chez *P. Tetras*, la vésicule est mise en liberté à travers une fente qui suit le bord de la cellule, comme chez les *Scenedesmus*, et les spores sont toujours immobiles, sans phase zoospore. Les cellules enkystées ont été observées chez plusieurs espèces. Elles ne se rencontrent jamais dans les colonies pélagiques, mais seulement dans les colonies benthiques, et d'ordinaire en hiver. La germination de ces kystes est souvent irrégulière : tandis que la cellule mère d'une colonie pélagique ne donne jamais qu'un seul cénobe, un kyste peut donner un, deux, quatre cénobes, qui s'organisent, quel qu'en soit le nombre, à l'intérieur d'une même vésicule : il peut arriver que ces cénobes multiples restent plus ou moins soudés par leurs bords. La mise en liberté des cénobes provenant de kystes semble se réaliser, non plus par une fente, mais par étirement et gélification de l'enveloppe. La phase zoospore est plus réduite que dans le cas normal et peut même être nulle.

Quant à la reproduction sexuée, malgré l'observation continue d'un étang riche en *Pediastrum*, malgré les variations des conditions de culture, je

---

(¹) E. Bigeard, *Contribution à l'étude du* Pediastrum Kawraiskyi *Schmidle* (*Ann. Soc. Agr. Sc. Arts et Belles-Lettres du départ. d'Indre-et-Loire*, 90, 1930, p. 49, et *Trav. Labor. Bot. Univ. Cath. Angers*, n° 3, 1, 1931).

n'ai jamais pu observer, d'une façon certaine, l'émission de gamètes, ni retrouver les *polyedrium* décrites par Askenasy [1].

BOTANIQUE — *Contributions à l'étude de l'échange de graines d'une même plante entre deux stations différentes.* Note [2] de M. **Pierre Lesage**, présentée par M. M. Molliard.

Les recherches que je poursuis sont des recherches de longue haleine qui ont déjà pris plusieurs années et demanderont encore plusieurs autres années pour obtenir des réponses satisfaisantes aux questions qui se sont posées ou qui se poseront au cours des expériences, questions qui peuvent se ramener à la forme générale suivante :

Si, après avoir semé les graines d'une même plante dans deux milieux A et B différents l'un de l'autre par une condition, ces graines donnent naissance à deux plantes A et B différentes l'une de l'autre par un caractère, que se passera-t-il si l'on vient à semer en B des graines de A ou en A des graines de B ?

La question peut donner lieu à des réponses expérimentales très nombreuses parce que variables avec la condition, avec le caractère et aussi avec la plante initiale.

La condition différentielle peut n'être pas unique, il pourra y en avoir plusieurs, et c'est le cas le plus fréquemment réalisé dans la nature; si cette condition comporte une notion de quantité mesurable, il y aura à tenir compte d'un optimum, d'un maximum et d'un minimum compatibles avec la vie de la plante.

Il peut en être de même avec le caractère différentiel facilement décelable qui pourra être unique aussi, mais qui, dans certains cas, s'accompagnera d'autres caractères plus ou moins difficiles à saisir; si une question de quantité mesurable peut intervenir, il y aura aussi à envisager un minimum et un maximum de valeur manifestée, d'intensité, de grandeur de ce caractère, et même un optimum si l'on se place à un point de vue particulièrement utilitaire.

Ces considérations tendent à montrer la complexité du sujet et à faire

---

(1) E. Askenasy, *Ueber die Entwickelung von* Pediastrum (*Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.*, 6, 1888, p. 127, pl. 6).

(2) Séance du 21 décembre 1931.

entrevoir le nombre considérable de cas qui peuvent se présenter dans la nature, soit spontanément, soit expérimentalement.

J'ai commencé l'étude expérimentale d'un de ces cas, assez complexe encore, mais que, au moins à ses débuts, par une élimination suffisamment raisonnable des contingences j'ai ramené à l'ensemble suivant : une condition, différence de température entre A et B ; un caractère, différence de la vitesse de croissance de la variété A et de la variété B d'une plante annuelle, le *Lepidium sativum.*

J'ai envisagé ce cas dans deux groupes d'expériences :

1° Cultures simultanées sous châssis (A), et à côté, cultures en plein air (B), à Rennes;

2° Cultures de la même plante aux stations Alger (A), Palo Alto (P), Marseille (M), Rennes (Re) et Rothamsted (Ro) de latitudes assez différentes allant de 36° à 51°.

Dans le premier groupe, les plantes B se développaient moins rapidement que les plantes A ou encore celles-ci étaient précoces par rapport aux premières.

Par la suite j'ai pu constater que les graines de A, semées en B, y donnaient des plantes précoces par rapport aux plantes B; mais ici deux sortes de variations se sont produites :

1° Variation de condition dans le dispositif de la vie sous châssis correspondant à une plus ou moins grande différence entre les températures de A et de B;

2° Variation corrélative dans le nombre m de générations sous châssis nécessaire pour que le caractère précocité puisse se manifester en plein air dans la plante $A_m B$.

En effet j'ai pu observer que la valeur de m varie : dans un cas, elle a été égale à 2 ; dans d'autres, elle s'est montrée plus grande que 4 parce que le dispositif avait été changé.

En 1931 tout en continuant l'ancien programme des cultures, j'ai commencé la recherche d'un dispositif pour obtenir à nouveau $m = 2$; mais ceci ne pourra se vérifier qu'en 1933.

En outre, les graines de $A_m B$, semées à leur tour en B, ont donné des plantes $A_m B_2$, précoces par rapport à celles qui vivent toujours en B. En répétant la même opération les années suivantes pendant un nombre n de générations, j'ai pu vérifier que les plantes $A_m B_n$ conservent la précocité, et en 1931, n était égal à 10. Ceci est intéressant à divers points de vue pratiques et fournit aux généticiens un argument en faveur de l'hérédité d'un caractère physiologique acquis.

Dans le deuxième groupe, mis en marche au mois de mars comme dans le premier groupe, les cultures ont montré, dans les stations du Midi une croissance plus rapide que dans celles du Nord; par exemple, les plantes d'Alger (A) se développent plus tôt et ont une période végétative plus courte que celles de Rennes (Re).

Je me suis servi de la même formule pour étudier la précocité à une station déterminée, de la même manière que dans le premier groupe; par exemple encore, dans la comparaison des cultures d'Alger à celles de Rennes, j'ai noté avec soin les valeurs de m et de n dans AmRen. Ceci m'a permis de voir que, pour ces deux stations, $m = 4$ suffit pour que la précocité se manifeste à Rennes par rapport aux plantes ayant toujours vécu à Rennes. J'ai même pu constater que n était égal à 2 en 1931.

Aux variations du dispositif de la vie sous châssis du premier groupe correspondent, dans le second groupe, des variations dans la latitude, et des résultats comparables dans les plantes toujours en plein air s'annoncent déjà si l'on tient compte du fait que les températures d'Alger sont plus élevées que celles de Marseille et celles de Marseille plus élevées que celles de Rennes. Pendant la durée des expériences, on a vu, en 1931, les plantes A4Re manifester assez nettement, à Rennes, une précocité plus marquées que les plantes M4Re.

Les cultures seront continuées en 1932 à Alger, Palo Alto, Marseille, Valence, Clermont, Rothamsted, en même temps que celles de Rennes.

BOTANIQUE. — *Les rapports des Gnétales avec les Dicotylédones et les Gymnospermes.* Note (¹) de Mlle **Lucienne George**, présentée par M. L. Blaringhem.

Mes recherches anatomiques (²) me permettent de diviser les Gnétales en deux groupes :

1° Welwitschiacées et Ephédracées, présentant par leurs caractères phylétiques foliaires et caulinaires des affinités gymnospermiennes.

2° Gnétacées, offrant, par les mêmes caractères, des affinités dicotylédoniennes.

Caractères gymnospermiens du Welwitschia. — 1° Les stomates sont du type des Gymnospermes.

2° Le liber ne présente pas de cellules annexes; les tubes criblés, très

(¹) Séance du 21 décembre 1931.

(²) L. George, *Contribution à l'étude des Gnétales*, Thèse, Paris, 1930.

longs, à parois terminales très obliques, ont des cribles sur ces parois et aussi sur les parois verticales.

3° Les faisceaux sont entourés d'un riche tissu de transfusion.

4° Les membranes transversales des vaisseaux, percées de trous, l'homogénéité du bois secondaire, la présence de canaux sécréteurs rapprochent le *Welwitschia* des Conifères.

Caractères gymnospermiens des Ephedra. — 1° Les stomates sont du type des Gymnospermes.

2°. Le liber présente les mêmes caractères conifériens que celui du *Welwitschia*.

3° Le bois primaire a une structure gymnospermienne normale.

4° Les trachéides ont des caractères conifériens; leurs ponctuations, sur les parois tangentielles et radiales sont séparées par des barres de *Sanio* et présentent un torus bien développé. Les plaques de résine et les épaississements spiralés propres aux Conifères sont fréquents.

5° Les membranes transversales des vaisseaux sont perforées.

6° Par leur course régulière et leur nombre restreint, les faisceaux de la tige se rapprochent de ceux des Conifères.

7° Des éléments de transfusion accompagnent les faisceaux des tiges jeunes et des feuilles.

Caractères dicotylédoniens des Gnetum. — 1° Les stomates diffèrent surtout de ceux des Gymnospermes par leur remarquable petitesse.

2° La morphologie externe et interne des feuilles, leurs nervures avec boucles submarginales et dernières ramifications formant un réseau à terminaisons aveugles sont du type des Dicotylédones.

3° Les pétioles présentent parfois des formations péridermiques avec lenticelles et des formations secondaires libéroligneuses.

4° A l'aisselle des feuilles se trouvent souvent deux bourgeons en position superposée, le bourgeon axillaire ou les bourgeons multiples pouvant être logés dans une poche gemmaire.

5° La disposition des traces foliaires se rapproche de celle qui est réalisée chez les Dicotylédones.

6° Les branches horizontales acquièrent une structure dorsiventrale se traduisant par une épixylie comme chez les arbres feuillus.

7° L'écorce renferme des fibres semblables à celles des Cupulifères.

8° Les formations péridermiques sont générales.

9° Il y a, comme chez le Chêne, des rayons médullaires larges, surtout importants chez les lianes, et des rayons unisériés.

10° Les trachéides fibreuses, les formes de transition entre les trachéides

et les vaisseaux, les vaisseaux du bois primaire et du jeune bois secondaire ressemblent à ceux des Cupulifères.

11° Aux formations libéroligneuses normales font suite, chez certaines espèces, des formations surnuméraires péricycliques.

12° Les cellules albumineuses du liber, d'abord disposées en rangées radiales régulières, sont ensuite disloquées, plus ou moins comprimées contre les tubes criblés, et ressemblent à des cellules annexes.

13° Les laticifères, à contenu amylacé, tannifère ou gommifère sont entourés d'un parenchyme renfermant toujours d'abondantes réserves d'amidon.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la valeur taxonomique des caractères foliaires des céréales.* Note (¹) de M. **E. Miège**, présentée par M. L. Blaringhem.

Les feuilles des céréales présentent des caractères différents selon les genres auxquels elles appartiennent et à la distinction desquels elles peuvent parfois servir. Toutefois, l'examen minutieux des particularités du limbe et de ses annexes, poursuivi pendant plusieurs années sur un grand nombre de variétes d'*Hordeum*, d'*Avena* et, surtout de *Triticum*, nous a montré qu'elles varient dans le temps et dans l'espace, et que leur emploi dans la systématique impose certaines réserves et quelques précautions.

Cette étude a permis, en particulier, les principales observations suivantes :

1. Chez toutes les céréales examinées, la longueur des feuilles n'augmente pas régulièrement de la base au sommet de la tige. mais passe par un maximum, pour décroître ensuite. Ce maximum est généralement atteint par l'avant-dernière feuille dans les variétés hâtives de *Triticum vulgare* H., par la troisiéme ou la quatrième à partir du sommet, dans les variétés tardives de la même espèce, par la dernière ou l'avant-dernière feuille dans *Triticum durum* Desf., par celles du milieu de la tige dans *Hordeum tetrastichum* et *Avena algeriensis* T.

2. La largeur des feuilles augmente régulièrement de la base au sommet de la tige chez *Triticum vulgare*, sauf quelques exceptions (dues peut-être aux conditions de milieu); chez *Triticum durum* Desf. et chez *Hordeum*, la

(¹) Séance du 21 décembre 1931.

courbe de variation des largeurs a la même allure générale que celle des longueurs; elle est moins régulière dans *Avena*.

3. Dans tous les échantillons considérés et pour une même variété pure, la courbe de variation du nombre des faisceaux libéro-ligneux suit celle des largeurs, mais il existe plusieurs variétés précoces de *Triticum vulgare* H. (var. alborubrum K. n° 423; var. albidum K. n° 311), où ce nombre diminue ou reste stationnaire, alors que la largeur du limbe augmente.

D'une façon générale, le nombre des faisceaux est proportionnel à la largeur des feuilles dans *Triticum* et *Avena*, moindre dans *Hordeum*.

4. Dans l'ensemble, les ornements du limbe et de ses annexes (gaine, stipules, ligule) sont constants et ne varient guère pour une même année de culture, et pour des feuilles homologues et de même âge, dans les divers individus d'une même lignée pure.

5. Les caractères d'une *même feuille* varient avec son âge, en particulier la villosité de la gaine et des stipules.

6. Les particularités ornementales varient également et dans une large mesure sur une même tige, selon les feuilles considérées. Dans *Triticum vulgare* H. et *Hordeum tetrastichum* K., par exemple :

a. La villosité de la gaine diminue de la première à la dernière feuille ;

b. La longueur de la ligule augmente de la base au milieu de la tige, pour décroître ensuite ;

c. Il en est souvent de même pour les stipules ;

d. Le limbe des feuilles moyennes porte généralement des cils, qui manquent aux premières et aux dernières, dans *Triticum vulgare* ; dans les variétés où les bords du limbe sont normalement sans cils, la glabrescence se retrouve sur les faces et sur les stipules, mais pas forcément sur la gaine.

Dans *Triticum durum* D., les bords du limbe et les stipules ne sont généralement pas ciliés; les faces de la lame foliaire et la gaine sont ordinairement glabres, mais cette règle souffre des exceptions. Dans *Hordeum*, seule la gaine est parfois ciliée, tandis que dans *Avena*, les cils sont très développés sur les bords du limbe.

e. Les *épines* existent sur la partie supérieure des bords des feuilles de *Triticum* et *Hordeum*, sauf sur celles de base, et surtout chez *T. durum*, où elles ne sont visibles qu'à partir de la cinquième ou sixième feuille. Chez *Avena*, au contraire, elles sont apparentes dès les premières feuilles de base, d'abord sur la partie supérieure du limbe, puis sur toute sa longueur dans les dernières feuilles.

f. On constate une diminution progressive de la villosité de la face infé-

rieure du limbe, de la première à la dernière feuille et, sur un même limbe, du sommet à la base. Dans les blés durs, les feuilles sont glabres, sauf les premières, avec cependant des poils très courts à l'extrême base du limbe, et des poils épineux à son sommet.

Dans *Hordeum tetrastichum* K., la première feuille est ordinairement glabre, les suivantes ciliées sur les deux faces et les dernières épineuses.

Dans *Avena*, les premières feuilles sont habituellement glabres, alors que les autres portent quelques cils et des épines vers la partie supérieure du limbe.

Les caractères foliaires ne sont donc pas identiques sur les diverses feuilles de la même tige, ni sur la même feuille à différents âges; ces variations imposent de n'examiner et aussi de ne comparer, dans la description des céréales, que les organes homologues, de même âge, de même situation sur le chaume, et au stade de leur complet développement.

A cette condition indispensable, l'ensemble de ces caractères n'est pas sans valeur taxonomique et peut utilement servir dans l'identification des espèces et des variétés de céréales.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Composition de la gelée d'*Auricularia mesenterica. Note (¹) de MM. **H. Colin** et **M. Quillet**, présentée par M. Molliard.

Cette espèce est, comme on sait, très gélatineuse; les filaments du thalle sont lâchement enchevêtrés au sein d'une matière visqueuse, translucide, à peine réfringente. La gelée est insoluble dans l'alcool fort et dans l'eau froide, alcalinisée ou non. Pour l'extraire, on traite à plusieurs reprises par l'eau chaude le thalle préalablement épuisé par l'alcool.

Les liqueurs aqueuses ainsi obtenues, opalescentes, visqueuses, sont neutres, non réductrices, peu actives sur la lumière polarisée. Évaporées, elles laissent des pellicules brunâtres que l'on peut facilement pulvériser et redissoudre dans l'eau. La matière gélatineuse n'est pas précipitée par les acides, mais par les défécants habituels, à base de plomb, de mercure, de tungstène, par la baryte également. L'alcool ne la précipite que partiellement tant que le titre ne dépasse pas 80°; on peut d'ailleurs extraire

(¹) Séance du 21 décembre 1931.

directement du thalle, par l'alcool faible à l'ébullition, cette portion la plus soluble de la gelée.

On a hydrolysé séparément ces deux sortes de gomme; l'une et l'autre sont complètement saccharifiées au bout de trois heures, à 120°, par SO^4H^2 à 2 pour 100. Le pouvoir rotatoire est alors voisin de + 12 pour la gelée soluble dans l'alcool, de + 30 pour l'autre, soluble seulement dans l'eau, *p* étant mesuré par réduction et évalué en glucose. Dans les deux cas, les liqueurs donnent abondamment l'osazone en balais caractéristique du glucose, du lévulose et du mannose; elles ne renferment pas de sucre cétonique et ne livrent, par oxydation nitrique, ni acide mucique, ni saccharate acide de potassium. Additionnées, à froid, d'acétate de phénylhydrazine, elles déposent presque aussi vite de la mannose-hydrazone typique dont, par action de l'aldéhyde benzoïque, nous avons retiré le mannose lui-même à l'état cristallisé.

La gelée d'*Auricularia mesenterica* est donc essentiellement à base de mannose. Zellner avait signalé, dès 1917, la présence de ce sucre dans les extraits aqueux, hydrolysés, de l'espèce voisine, *Exidia* (*Hirneola*) *Auricula-Judæ;* il l'a retrouvé depuis dans plusieurs autres champignons, *Scleroderma vulgare*, *Polysaccum crassipes*, *Calocera viscosa*, *Polyporus sulfureus* (¹).

Les milieux d'hydrolyse, neutralisés par CO^3Ba, retiennent du baryum en quantité appréciable, sous forme de sel organique. Ce sel, précipité par l'alcool, lavé à plusieurs reprises, puis décomposé par SO^4H^2, donne une liqueur acide qui réduit, même à froid, la solution cuprosodique. Par ébullition en présence de HCl et de naphtorésorcine, il se dépose une poussière foncée, intégralement soluble dans l'éther en une liqueur violette, à fluorescence bleue, présentant une bande d'absorption à droite de la raie D. Ce sont là des caractères d'acides uroniques. Faute de matière, nous n'avons pu caractériser ces corps de façon plus rigoureuse.

La gomme soluble dans l'alcool faible ne donne pas d'autre sucre que le mannose; le reste, c'est-à-dire la majeure partie de la gelée, livre, en outre, de l'arabinose, d'où le pouvoir rotatoire plus élevé de ses produits d'hydrolyse. En effet les liqueurs saccharifiées, neutralisées et additionnées de phénylhydrazine, cristallisent par refroidissement, après élimination de l'osazone insoluble, en longues aiguilles flexueuses insérées

(¹) Zellner, *Sitz. Ak. Wiss. Wien*, **126**, 1917, p. 319; **137**, 1928, p. 682; **139**, 1930, p. 470; *Anz. Ak. Wiss. Wien*, **14**, 1918, p. 189.

au même point, et fondant au bloc, après purification, à 142-143°; il s'agit bien de l'arabinosazone. D'après les données polarimétriques, il y aurait une partie environ d'arabinose pour quatre de mannose.

Après épuisements successifs à l'alcool et à l'eau, il ne reste guère, du thalle d'*Auricularia*, que la cuticule. Ce résidu, séché et pulvérisé, a été, à son tour, soumis à l'hydrolyse acide. La matière se gonfle tout d'abord et se prend en une gelée brune, translucide, très consistante, qui se liquéfie ensuite progressivement. A 120°, en présence de SO^4H^2 à 4 pour 100, il ne faut pas moins de 6 à 10 heures, suivant l'âge des champignons, pour que l'hydrolyse soit complète. La liqueur est alors dextrogyre, fortement réductrice; elle est azotée, mais six à sept fois moins que si le produit réducteur était la glucosamine. On en obtient sans peine de la glucosazone et du saccharate acide de potassium; le sucre est donc du glucose que nous avons d'ailleurs fait cristalliser.

Ainsi, tandis que la gelée d'*Auricularia* est à base de mannose et d'arabinose, les parties organisées du thalle renferment du glucose implicitement.

Au cours de ces recherches, nous avons isolé, en outre, dans l'hydrolysat de la cuticule, une substance, grasse au toucher, insoluble dans l'eau, soluble dans l'éther, la benzine, le chloroforme, très biréfringente, cristallisée en octaèdres qui se laissent fragmenter en cristaux plus petits identiques aux premiers, comme cela se voit souvent pour les acides gras. Dans l'extrait alcoolique du champignon frais, il existe une petite quantité de tréhalose, mais pas de mannite, Bourquelot l'avait déjà observé il y a quarante ans. Il s'y trouve également un tannoïde, soluble dans l'acétone, coloré en vert foncé par le chlorure ferrique, et précipité par l'eau de brome.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Étude de complexes colloïdaux industriels : application aux caoutchoucs.* Note (¹) de M. **Marcel Chopin**, présentée par M. L. Blaringhem.

Mes recherches relatives aux propriétés plastiques des blés panifiables ont été conduites en faisant varier méthodiquement les différents facteurs qui déterminent l'état de la membrane de pâte soumise à l'essai d'extension. Le conditionnement préalable du grain, les modes de mouture et de

---

(1) Séance du 21 décembre 1931.

pétrissage (durée, vitesse, température), *la formation automatique de l'éprouvette sans modification des circonstances qui fixent la cohésion des micelles*, sa déformation à vitesse et température constante, sont autant de facteurs dont on doit régulariser les effets, indépendamment du choix des proportions des constituants de la pâte.

Le principe de la méthode est de préparer des lames plastiques comparables et de les éprouver mécaniquement dans des conditions définies : il faut tenir compte de la succession des transformations, de leur durée, et régulariser l'action des facteurs physico-chimiques. En étudiant ainsi la propriété essentielle utilisée dans l'industrie, je puis attribuer une valeur quantitative au matériel considéré, et mesurer certaines caractéristiques du végétal qui le fournit. J'utilise de préférence un mode d'extension en surface, fourni par une pression d'air, qui, plus complètement que l'essai de traction rectiligne, met en évidence les propriétés mécaniques de la matière.

Les résultats obtenus dans l'étude des farines panifiables [1] m'ont conduit à adapter la méthode à des membranes végétales d'origines diverses (enduits cellulosiques, latex de Papaveracées et d'Euphorbiacées, et principalement caoutchoucs naturels). J'expose ci-après les résultats obtenus dans une étude subventionnée par le Service des Recherches de l'Aéronautique.

La feuille de caoutchouc crêpe de plantations est un colloïde défini si l'on en connait l'origine et les conditions de la coagulation. Partant de ce matériel, j'évite le malaxage et le calandrage et utilise des dispositifs qui me permettent d'étaler régulièrement, par application de couches de dissolution successivement coagulées 6 g. de caoutchouc en une lame de surface déterminée (rectangle de $68^{mm} \times 120^{mm}$).

Par exemple, la gomme fragmentée et desséchée est dissoute dans 180^{cm^3} de CS^2, avec agitation méthodique et repos alternés pendant 3 jours. L'appareil de coagulation comprend une table de fonte maintenue à 20°C, dont la surface horizontale reçoit une feuille de papier tendue par un cadre métallique qui limite le rectangle sur lequel a lieu la coagulation. La dissolution est versée dans un récipient prismatique dont l'arête inférieure présente une fente de 60^{mm} de long et $0^{mm},4$ de large. On fait glisser le prisme sur deux rails solidaires du cadre ; la dissolution s'écoule par la fente et recouvre d'une couche régulière toute la surface du rectangle. On enlève

(1) M. Chopin, *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 450; 190, 1930, p. 1449.

alors le prisme, et on dépose sur les rails une boîte de distribution d'air alimentant de nombreux tubes verticaux qui débouchent près de la surface de la gomme. Le courant d'air d'évaporation du solvant, préalablement desséché et porté à 20°C, est ainsi distribué également à la surface de la dissolution et s'échappe dans une cloche recouvrant la table de fonte puis à l'extérieur. Chaque tube vertical renferme un orifice en mince paroi où se trouvent localisées pratiquement les pertes de charge, et qui égalise les débits d'air. Les couches sont appliquées en alternant chaque fois le sens de translation du prisme. et en relevant les rails d'une quantité constante. Enfin la membrane et son support sont détachés du cadre et on vulcanise aussitôt par immersion, pendant 10 secondes, dans une dissolution de chlorure de soufre dans le CS^2 (50^g par litre) suivie d'un lavage à grande eau. Le papier est détaché par un lavage et un grattage léger et la membrane conservée à plat dans l'obscurité.

L'épreuve mécanique a lieu huit jours après dans des conditions analogues à celles que j'ai adoptées pour les pâtes de farine par extension à 20°, sous un courant d'air, d'une éprouvette circulaire de 36^{mm} de diamètre délimitée sur la membrane. Une pression d'air croissant puis décroissant régulièrement, fait éprouver à la membrane un cycle défini de déformation enregistré par un manomètre. Dans ces premières expériences je me suis contenté de mesurer les pressions P atteintes lorsque la membrane prend la forme de calottes sphériques dont les hauteurs h sont indiquées ci-dessous.

Voici les résultats donnés par l'essai de plusieurs membranes obtenues comme il vient d'être dit, et extraites de deux crêpes de l'Indochine :

	Hauteur en mm.		
	14,5.	24.	14,5.
Crêpe brun.			
1. P (en mm. de mercure)............	232	277	230
2. »	230	280	223
3. »	225	270	220
4. »	225	265	220
Crêpe pâle.			
1. P (en mm. de mercure)............	190	226	174
2. »	184	220	168
3. »	196	235	185
4. »	199	236	187

La concordance de ces chiffres indique la valeur de la méthode dont

l'application à l'étude des pâtes de farine se généralise. Les résultats obtenus avec les membranes de caoutchouc sont très encourageants. Il faut attribuer la concordance des déformations en partie à la coagulation dirigée des granules de caoutchouc épars dans la dissolution. Dans le voisinage des concentrations indiquées, et par les procédés d'évaporation adoptés, ces granules se rassemblent dans un ordre déterminé et acquièrent par contact une cohésion spécifique qui peut être utilisée pour caractériser la gomme étudiée.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur le brome normal (règne végétal) : graines comestibles, blé, pain.* Note (1) de M. **A. Damiens** et Mlle **S. Blaignan**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les recherches de l'un de nous (2) ont montré que le brome existe normalement dans les tissus animaux, et les proportions en ont été déterminées dans un très grand nombre de cas. On a ainsi montré l'intérêt de la détermination du taux du chlore, comparativement à celui du brome pour établir le rapport de ces deux éléments.

D'une statistique portant sur 331 cas il résulte que le taux moyen de brome normal est de l'ordre de $0^{mg},167$ pour 100^{g} d'organe humain. Le rapport 1000 Br/Cl, déterminé sur 130 individus, a pu être fixé à une valeur moyenne de 0,84.

Le brome est introduit dans l'organisme en partie par le sel qui en renferme des proportions assez importantes. Il était intéressant de rechercher si cet élément pouvait être caractérisé dans les tissus végétaux, et ce sont nos premiers résultats à ce sujet que nous rapporterons.

Nous avons tout d'abord envisagé les céréales et des graines comestibles, dont certaines interviennent dans l'alimentation de l'homme, ou dans celle des animaux. Nous avons étudié accessoirement le pain et les substances qui entrent dans sa fabrication (farine, sel, levure).

La méthode suivie a été rapportée dans les Mémoires précédemment cités. Dans presque tous les cas le chlore a été dosé à côté du brome, et le rapport des proportions de ces deux éléments a été déterminé. Les valeurs données sont relatives à la matière séchée à 105°.

---

(1) Séance du 21 décembre 1931.

(2) A. Damiens, *Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 799, 930, 1021; *Bull. Sc. Pharmacol.*, **27**, 1920, p. 609, **28**, 1921, p. 37, 85, 205; *Bull. Soc. chim. biol.*, **3**, 1921, p. 95.

Substances examinées.	Nombre d'échantillons.	Humidité pour 100.	Br mg. pour 100g de matière sèche.	Cl g. pour 100g de matière sèche.	Rapport $\frac{1000\,Br}{Cl}$.
Blé (*Triticum sativum*)...	3	15-15,1	0,21	0,07-0,075	2,8
Farine....................	6	7,9-21	0,09-0,12	0,043-0,077	1,2-2,7
Pain......................	31	22,3-34,2	0,09-0,61	0,82-1,8	0,07-0,46
Pain de germe de blé.....	1	32,7	0,68	0,93	0,7
Sel.......................	3				0,11-0,16
Levure....................	1		0,30	0,057	5,2
Avoine (*Avena sativa*)....	3	12,9-14	0,23-0,39	0,04-0,12	3,3-9,5
Seigle (*Secale cereale*)....	1	13,9	0,19	0,027	7
Maïs (*Zea Mays*).........	3	13	0,15-0,19	0,06-0,10	1,8-2,7
Orge (*Hordeum vulgare*)..	2	13-14,2	0,55-0,56	0,06	9
Millet (*Milium effusum*)...	1	13	0,38	0,037	10
Riz (*Oriza sativa*)........	1		traces d'halogènes		
Luzerne cultivée (*Medicago sativa*)...............	1	13,1	0,19	0,014	13
Luzerne lupuline (*Medicago lupulina*).............	1		0,64	0,091	7
Vesce (*Vicia sativa*)......	1	13,2	0,21	0,049	4,3
Trèfle (*Trifolium arvense*).	1	14,7	0,29	0,09	3,2
Chanvre (*Cannabis sativa*).	2	8,9	0,21-0,23	0,012	19
Haricots (graines) (*Phaseolus vulgaris*)........	3	17,3	traces d'halogènes		
Haricots verts............	1		0,64	0,064	10
Fèves (*Faba vulgaris*)....	1	13,4	0,18	0,013	13
Pois (graines) (*Pisum sativum*)................	1		0,21	0,045	4,6
Pois (gousses)...........	1		0,63	0,150	4,2
Lentilles sèches (*Ervum lens*)..................	1	7,5	1,02	0,012	85
			1,00	0,016	63

Les résultats numériques d'ensemble correspondant à ces premières déterminations permettent de tirer les conclusions suivantes :

1° Le brome est un élément normal de tous les éléments végétaux soumis à notre examen, réserve faite pour les graines de riz et de haricots qui ne contiennent que des traces d'halogènes.

2° Présent dans le blé, il se retrouve dans le pain dont nous avons analysé 31 échantillons prélevés à Paris et dans les départements, dans des boulangeries différentes, et à des époques assez éloignées les unes des autres (entre février et décembre 1931).

3° Le rapport brome/chlore est sensiblement moins élevé dans le pain

que dans la farine, ce qui est surtout lié à l'intervention du sel dans lequel ce rapport est beaucoup plus faible que dans la farine. Ce fait est particulièrement net pour un pain fabriqué en Haute-Garonne et contenant $0^{mg},42$ de brome pour 100^{g} avec un rapport Br/Cl : 0,44. La farine employée présentait un rapport 1,2 et le sel 0,13.

4° Il est en outre remarquable que la levure de bière examinée manifeste un rapport Br/Cl relativement élevé.

5° Le pain de germe de blé comporte également un rapport plus élevé que celui du pain ordinaire.

6° Pour les autres produits, on remarque que le rapport est généralement plus fort que dans le blé. Il peut atteindre au maximum dans la graîne de chanvre : 19, et dans les lentilles : 85.

7° Lorsque plusieurs échantillons d'une même espèce ont été soumis à l'expérience, ils ont été prélevés en des points du territoire généralement éloignés les uns des autres. Cependant, on observe que les valeurs trouvées pour le rapport brome-chlore sont assez rapprochées.

Par suite, dans plusieurs des cas envisagés, on peut admettre que, pour des causes encore indéterminées, il se produit une concentration du brome par rapport au chlore dans certains tissus végétaux privilégiés.

Cette étude est poursuivie dans l'ensemble du règne végétal.

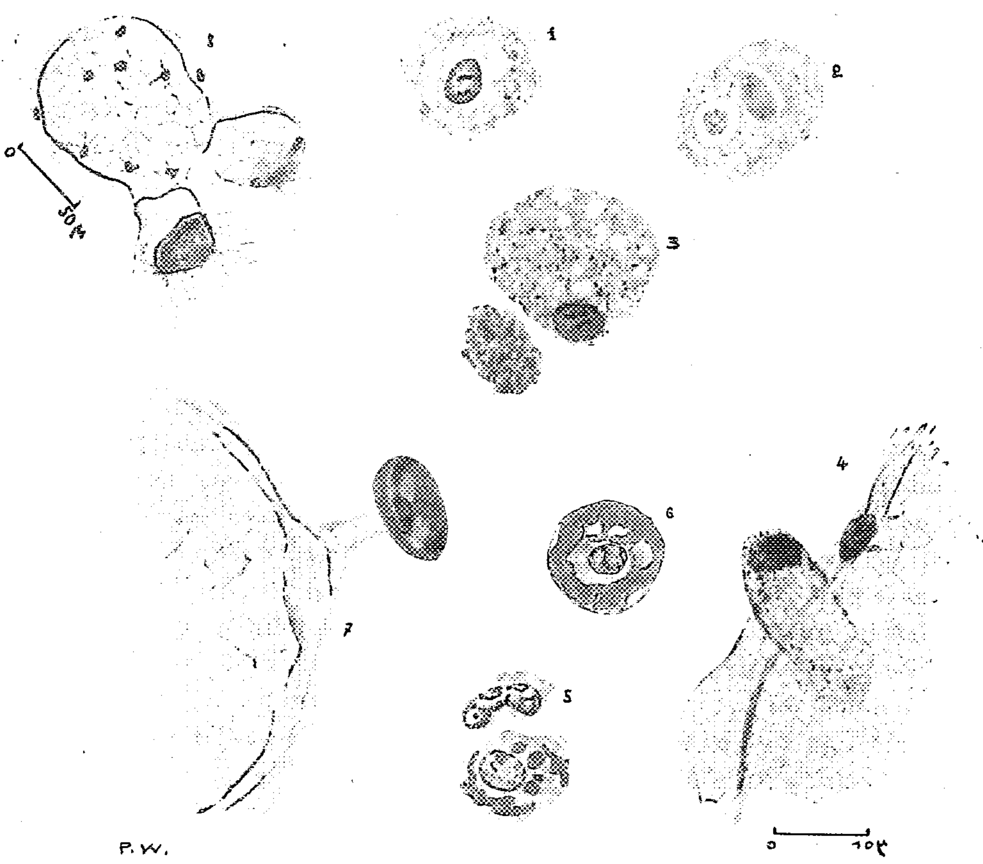
ZOOLOGIE. — *Recherches sur les vésicules énigmatiques et les urnes du Siponcle. La reproduction par bourgeonnement.* Note (¹) de M. **J.-André Thomas**, présentée par M. E. Roux.

Les urnes du Géphyrien *Sipunculus nudus* Lin. ont été considérées, depuis plus de 70 ans, tour à tour comme des parasites ou comme des éléments propres du liquide cavitaire. La même ignorance existe au sujet des vésicules énigmatiques. J. Cantacuzène (²) a montré que les urnes et les vésicules prennent une grande part dans les réactions d'immunité du Siponcle, fonctionnant surtout comme organes agglutinogènes. Quand il y a surproduction de vésicules énigmatiques lors de l'immunisation, les vésicules de très grande taille peuvent donner naissance à des vésicules jeunes à un seul noyau. Mais J. Cantacuzène est amené à écrire (1928) :

(¹) Séance du 21 décembre 1931.

(²) J. Cantacuzène, *Arch. de Pathol. expér. et de Microbiol.*, 1, 1928, p. 1-80.

« La théorie parasitaire des urnes... ne compte plus de défenseurs depuis bien longtemps. » Il convient, du reste, de remarquer que, si l'hypothèse parasitaire n'a jamais été démontrée, la prétendue formation de ces éléments à partir du revêtement cœlomique n'a jamais été prouvée non plus.



De 1 à 4, et 8, Fix. de Schaudinn. Color. Hématoxiline au fer — Éosine Orange. De 5 à 7, Fix. de Flemming. Color. Safranine — Vert Lumière. De 1 à 4, stades successifs du bourgeonnement des vésicules énigmatiques. De 5 à 8, stades successifs du bourgeonnement des urnes. En 7, bourgeon d'urne en cupule safraninophile, encore adhérent à une jeune vésicule, par un mince pédoncule. En 8, 2 urnes restées accolées à la vésicule mère, dont une n'est qu'au stade de développement du disque cilié.

D'autre part on considère que vésicules et urnes n'ont pas de rapports entre elles.

Or, grâce à deux techniques expérimentales, j'ai pu suivre la formation normale, non provoquée par une réaction artificielle, des vésicules filles à partir des vésicules énigmatiques de différentes tailles et me rendre compte

aussi que *ce sont ces mêmes éléments qui donnent naissance aux urnes* en dehors de tout processus d'accolement ou de lyse. Je me réserve de décrire ultérieurement d'autres phénomènes du cycle évolutif de ce parasite symbiotique.

A. La centrifugation du sang aseptique de Siponcle permet d'obtenir une couche supérieure formée presque exclusivement de vésicules énigmatiques et de quelques urnes. Au-dessus d'elle, est le plasma incoagulable, contenant les autres urnes. Il est facile de prélever en abondance vésicules et urnes, toutes groupées, et de les traiter par les méthodes fines de la Cytologie.

B. On peut observer *in vitro* ces mêmes éléments, qui remis en suspension dans du plasma stérile de Siponcle, peuvent vivre et se reproduire en moins de 15 jours en tubes ou en gouttes pendantes et probablement beaucoup plus, tandis que les autres cellules sanguines sont lysées dans les mêmes conditions.

I. *Bourgeonnement des vésicules énigmatiques filles.* — Un noyau entre en division mitotique, et rejette corrélativement, d'une façon constante, de la chromatine à travers sa membrane nucléaire. Cette chromatine qui forme d'abord des boules sidérophiles, évolue peu à peu en fines granulations, et constitue un halo assez bien délimité à quelque distance du noyau (*fig.* 1). Le cas le plus général est ensuite la dégénérescence d'un des deux noyaux qui devient pynotique (*fig.* 2), tandis que l'autre, entouré de sa chromatine satellite, s'isole (*fig.* 3) Finalement, ce rejet de chromatine aboutit au remaniement du cytoplasma périnucléaire qui est transformé en une zone alvéolaire puis réticulée légèrement sidérophile, dont les mailles sont formées par la substance issue du noyau. Cette zone n'est autre que l'ébauche d'un bourgeon qui fait hernie et à l'extrémité duquel se trouve le noyau (*fig.* 4). La vésicule fille, formée par la multiplication de celui-ci, reste en général longtemps adhérente à la mère, et bourgeonne à son tour, même au stade à un seul noyau, d'où la formation fréquente de chaînes d'individus issus les uns des autres. Quelquefois, ce bourgeon peut s'individualiser très tôt et évoluer isolément.

II. *Bourgeonnement des urnes.* — Les phénomènes sont un peu différents. Un noyau d'une vésicule énigmatique entre en mitose; mais alors qu'un des deux noyaux fils demeure tel quel, sans paraître dégénérer, ou évoluer, l'autre rejette à travers sa membrane de la substance nucléaire. Celle-ci forme d'abord d'assez grosses boules qui tendent à confluer (*fig.* 5). L'ébauche de l'urne peut, à ce stade, affecter la forme d'une cupule dont

les bords sont constitués par la couronne saphraninophile, reliés au noyau central par trois travées également saphraninophiles, le tout étant rattaché à la vésicule par un pédicule très mince (*fig.* 7). Puis ce bourgeon est libéré. Un de ses pôles s'invagine légèrement contribuant ainsi à déterminer la forme de l'urne. On peut quelquefois rencontrer de jeunes vésicules auxquelles adhèrent encore des urnes filles, déjà nettement différenciées, ou même (*fig.* 8) en train d'acquérir leur disque cilié, fait qui élimine le doute.

On doit considérer les vésicules énigmatiques du Siponcle comme des stades spéciaux de l'évolution d'un parasite nouveau, qui, entre autres éléments, donnent naissance, par ce bourgeonnement aux jeunes vésicules et aux jeunes urnes.

ZOOLOGIE. — *Le facteur alimentaire dans la coloration spécifique des Éolidiens*. Note (1) de M. **Alphonse Labbé**, présentée par M. L. Joubin.

Il était intéressant d'étudier dans quelle mesure la coloration des Éolidiens est spécifique et peut servir à la détermination si difficile de ces mollusques, car il apparaît que dans beaucoup de cas les variations de couleur sont influencées par leur alimentation.

J'indiquerai ici l'action du facteur alimentaire sur la coloration de deux espèces particulièrement variables : *Spurilla* (Æolidiella), *glauca* Ald. et Hanc., et *Favorinus albus* Ald. et Hanc., var. *croisicensis* Labbé; le matériel alimentaire était constitué par deux espèces d'Actinies : *Actinia equina* L. et *Anemonia sulcata* Pennant. Les Éolidiens ont été choisis absolument blancs, coloration due, non à des sels calcaires, comme le croyait Vayssière, mais à des cristaux de xanthine; cette xanthine, du reste, paraît en relation avec l'alimentation actinienne (2), et l'inanition en captivité diminue la quantité de xanthine épidermique qui masque la coloration spécifique.

Nourris, soit avec des fragments d'Actinies, soit avec des Actinies entières et vivantes, les Éolidiens prennent, dès les premières 24 heures, une coloration rose carmin ou rose saumon, qui, les jours suivants, devient de plus en plus vive. Le renflement péricardique, le sang, les amibocytes et surtout

(1) Séance du 21 décembre 1931.

(2) Voir S. Mouchet, *Présence de xanthine chez les Actinies* (*Bull. Soc. zool. Fr.*, 54, 1924, p. 345).

la glande génitale sont d'un rose intense. Mais, tout à fait au début, les cæcum hépatiques sont colorés en rouge brun avec une teinte lilas périphérique de la papille, et un anneau violet se montre à l'extrémité du cæcum autour de la papille. Seules, l'extrémité des papilles dans les deux espèces, et chez *S. glauca*, les papilles cervicales ne se colorent pas. Puis la coloration devient totalement rose. Ainsi *Favorinus albus* prend l'aspect de la variété rose de *F. versicolor* Costa figuré par Trinchese (1), et *S. glauca* devient semblable à *S. Sommeringii* Bergh. qui sont des espèces douteuses. Nous ne pouvons cependant pas affirmer que les colorations nutriciales transitoires ne puissent se fixer héréditairement pour constituer des races locales.

Il est intéressant de remarquer que les pontes des animaux en expérience sont colorées en rose vif; c'est le cytoplasme qui se colore et non l'albumine unissante du cordon, et cette coloration persiste pendant le clivage jusqu'au stade trochosphère; elle disparaît à la phase d'accroissement et les veligères sont incolores.

Ces résultats sont à peu près les mêmes avec *Actinia equina* et *Anemonia sulcata;* cependant les Éolidiens attaquent le corps et non les tentacules de cette dernière espèce et encore ne le font-ils qu'à regret, après une longue inanition; la coloration obtenue est alors jaune ou jaune rougeâtre.

Si ensuite on fait jeûner les Éolidiens, la coloration nutriciale ne se maintient que pendant une dizaine de jours et comme la quantité de xanthine devient moindre, les animaux montrent à nouveau leur coloration spécifique; les *Favorinus* notamment deviennent brun clair ou café au lait.

Nous verrons ultérieurement que les Actinies considérées présentent plusieurs pigments : le pigment rose passe dans le sang, le pigment vert bleu se désintègre dans les cæcum hépatiques et filtre au niveau du fond du cæcum où ses remaniements ou désintégrations produisent les anneaux colorés dont il a été parlé plus haut. Les cellules cnidogènes cervicales de *S. glauca* n'ont pas ce rôle et restent incolores. Mais nous ne pouvons pas encore conclure; nous ne savons pas, notamment, si l'organisme du Mollusque est capable de faire la synthèse de ses propres pigments aux dépens des pigments alimentaires.

Il est en tout cas remarquable que, sans en être incommodé, l'Eolidien

(1) S. TRINCHESE, *Aeolidiella e famiglie affini del Porto di Genova*, Parte II, Tableau XXXII, fig. 1, 1881.

emprunte aux Actinies dont il se nourrit leurs nématocystes, leurs zooxanthelles symbiotiques ([1]), leur xanthine et peut-être leurs pigments.

ZOOLOGIE. — *Radiolaires et Silicoflagellés*. Note de M. **Raymond Hovasse**, présentée par M. M. Caullery.

J'ai décrit ([2]) un Flagellé du Bosphore, muni d'un squelette siliceux interne, que j'ai dénommé *Bosporella triænoides*. Cette forme n'est, en réalité, pas nouvelle, mais vraisemblablement identique à *Hermesinum adriaticum*, dénommé en 1906 par O. Zacharias et rapidement décrite alors. Cet auteur l'a classée comme Dictyochide, c'est-à-dire Silicoflagellé véritable, sans entrevoir les caractères qui la rapprochent des Radiolaires.

J'ai, depuis lors, examiné une seconde forme pour laquelle le même rapprochement s'impose, *Ebria tripartita* (Schumann, 1867). Ce Flagellé, à squelette siliceux, a été vu et étudié par Schumann, Möbius, Borgert, Lemmermann, et récemment par P. Schultz (1928), mais, en raison de la complexité de son squelette, n'a jamais été exactement interprété. Voici tout d'abord la description de ce squelette. Il a pour base un premier trépied, inférieur, dont les branches, écartées à 120°, dessinent une pyramide surbaissée à sommet inférieur. L'extrémité de chaque pied se trifurque selon des angles de 120°, donnant une branche verticale, le pilier et deux branches externes. Les extrémités des trois piliers sont unies entre elles par un second trépied, supérieur, formant une pyramide à sommet supérieur, se projetant sur l'autre dans la vue en plan.

Les branches externes s'unissent toutes, deux à deux, par des arcs siliceux dessinant trois grandes fenêtres et trois petites. Jusque-là le squelette est parfaitement symétrique par rapport à un axe ternaire médian. Mais le trépied supérieur forme une fenêtre asymétrique entre deux de ses branches, fenêtre qui s'incline vers celle du trépied inférieur qui lui correspond, et se soude à elle sur le bord externe.

Toutes les baguettes de silice constituant ce squelette sont pleines, et, au moins au niveau des piliers, constituées par un axe réfringent et trois lames planes, disposées à 120° les unes des autres.

([1]) Voir Ch. Rousseau, *Sur la présence de zooxanthelles chez les Éolidiens* (*Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 954).

([2]) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 781.

Un tel squelette est, par sa structure, extrêmement voisin de celui d'*Hermesinum*, comme de celui de certains radiolaires monopylaires.

Sa formation débute par celle d'un spicule siliceux formant un simple trépied, qui se complique ensuite du centre vers la périphérie. C'est exactement le procédé de formation du squelette chez *Hermesinum*, c'est aussi celui de certains Radiolaires monopylaires.

A la suite de Borgert et Lemmermann, j'avais cru que le squelette d'*Ebria* était externe comme celui des autres silicoflagellés, et je me suis appuyé sur ce caractère pour en écarter *Hermesinum*. Mais P. Schultz a donné des figures et une description qui ne laissent aucun doute : le squelette d'*Ebria* est interne, et son protoplasma rappelle beaucoup celui d'*Hermesinum*. Quant au noyau on sait seulement que ce n'est pas un protokaryon. Borgert a montré que les *Ebria* possèdent deux flagelles, comme les isospores de Radiolaires.

Ebria et *Hermesinum* sont donc voisins : tout ce que j'ai écrit pour séparer le second genre des silicoflagellés et en faire une larve de radiolaires s'applique également au premier.

Sans revenir sur ces points, voici, à titre de comparaison avec ce qui a été dit plus haut, le mode de formation du squelette chez les Silicoflagellés vrais (*Mesocena*, *Dictyocha*, *Distephanus*, *Cannopilus*).

Il apparaît sous la forme même qu'il aura une fois achevé, en contact de l'anneau basal d'un squelette adulte. Constitué tout d'abord par des tubes minces, à peine visibles, il devient en s'épaississant, sensiblement identique à celui-ci, dont il est symétrique par rapport au plan de contact. L'accolement dure un certain temps : c'est la prédivision. Normalement elle s'achève par la séparation de deux flagellés, mais il arrive que les deux squelettes demeurent soudés l'un à l'autre. On les connaît ainsi depuis très longtemps : ce sont les « formes de copulation » de la plupart des auteurs.

Ce mode de formation du squelette est donc tout à fait distinct de celui d'*Ebria* et d'*Hermesinum*.

Considéré en même temps que les autres caractères envisagés auparavant, il mène à réduire le sens du terme de Silicoflagellés, aux quatre genres cités plus haut et groupés sous le nom de *Silicoflagellidæ* (Borgert), dont nous ferons avec Pascher (1912) une famille de Chrysomonades, tandis que *Ebria* et *Hermesinum*, seront rapprochés des Radiolaires, en marge du groupe, puisqu'il s'agit avec eux vraisemblablement de formes larvaires.

PHYSIOLOGIE. — *Le rôle des acides aminés non indispensables dans la couverture partielle de la dépense azotée endogène spécifique.* Note [1] de M. **Mézincesco**, présentée par M. d'Arsonval.

On sait que Terroine sépare deux éléments distincts dans le besoin azoté spécifique : *un besoin indifférencié* qui peut être satisfait par un apport d'azote aminé lié à une chaîne ternaire quelconque ou même par un sel ammoniacal organique; *un besoin différencié* dont la couverture exige l'apport d'acides aminés déterminés. Dans la couverture du besoin total, l'aliment protéique joue donc deux rôles.

Pour analyser le rôle complet de la molécule albuminoïde dans la couverture de la dépense azotée spécifique, pour préciser quantativement la part du besoin indifférencié et celle du besoin différencié, une enquête systématique doit être poursuivie sur le rôle individuel de chacun des acides aminés constitutifs de la molécule albuminoïde. Nous l'avons entamée en séparant tout d'abord les acides aminés en deux groupes : ceux dont on connait l'absolue nécessité pour la couverture complète (cystine, tryptophane, etc.) et ceux dont l'absence (glycocolle, etc.) n'entraîne pas l'inefficacité de la matière protéique. Le travail actuel porte uniquement sur ces derniers.

Sans doute Abderhalden a-t-il déjà signalé que l'adjonction de glycocolle ou d'alanine à une alimentation sans protéiques diminue la perte azotée de la souris; mais nous voulions avoir des valeurs précises de l'économie réalisée et pour tout le groupe de ces corps.

Les essais ont été poursuivis sur des porcelets. Deux périodes d'alimentation glucidique stricte, avec sels minéraux et vitamines, encadrent une période pendant laquelle on ajoute l'acide aminé étudié; la quantité d'azote ainsi introduite étant un peu plus élevée que celle perdue dans la dépense endogène minima. Plusieurs expériences ont été faites sur chaque acide aminé. Les résultats en sont très voisins, sinon identiques. Nous ne rapporterons donc ci-dessous qu'un exemple pour chacun d'eux. Les valeurs exprimées en grammes sont les moyennes quotidiennes de chaque période. En les examinant on voudra bien se souvenir que de légères variations dans le soufre neutre sont dénuées de signification étant données les erreurs inhérentes à un dosage de petites quantités par différence.

---

(1) Séance du 21 décembre 1931.

	Quantité de N introduite avec l'acide aminé étudié.	Dépense azotée spécifique endogène.	S urinaire total.	S neutre.	Créatinine.
	Porc : 12kg.				
Période d'alimentation sans protéique	–	0,943	0,100	0,034	0,253
Période d'adjonction d'acide aminé	Glycocolle 1g,1 N	0,688	0,112	0,037	0,250
Différence lors de l'adjonction d'acide aminé	–	−0,255	+0,012	+0,003	−0,003
Différence (en pour 100)	–	−27	+12	+8	−1
	Porc : 12kg.				
Période d'alimentation sans protéique	–	1,120	0,192	0,030	0,199
Période d'adjonction d'acide aminé	Alanine 0g,998 N	0,782	0,171	0,029	0,196
Différence lors de l'adjonction d'acide aminé	–	−0,338	−0,021	−0,001	0,003
Différence (en pour 100)	–	−30	−10	−3	−1
	Porc : 14kg5.				
Période d'alimentation sans protéique	–	1,203	0,232		0,280
Période d'adjonction d'acide aminé	Ac. asparatique 1g,262 N	0,913	0,214		0,287
Différence lors de l'adjonction d'acide aminé	–	−0,290	−0,018		+0,007
Différence (en pour 100)	–	−24	−7		+2
	Porc : 12kg.				
Période d'alimentation sans protéique	–	1,114	0,146	0,039	0,250
Période d'adjonction d'acide aminé	Ac. glutamique 1g,380 N	0,817	0,143	0,040	0,245
Différence lors de l'adjonction d'acide aminé	–	−0,297	−0,003	+0,001	+0,005
Différence (en pour 100)	–	−26	−2	+2	+2

De l'examen du tableau précédent ainsi que de la comparaison des données qu'il contient avec les résultats antérieurement acquis, nous croyons pouvoir tirer les conclusions suivantes :

L'adjonction d'un acide aminé non indispensable à une alimentation couvrant uniquement les besoins énergiques a toujours pour conséquence une amélioration sensible du bilan azoté.

L'économie ainsi réalisée, de 25 à 30 pour 100 de la dépense endogène, étant la même pour les quatre acides aminés étudiés, de même ordre que celle obtenue par l'emploi du citrate d'ammoniaque sinon inférieure, c'est dire que la chaîne ternaire ne joue aucun rôle et que chacun de ces corps intervient uniquement dans la mesure où il fournit le radical NH_2. C'est en cette intervention du groupement NH_2, indépendante de la nature de la chaîne ternaire à laquelle ce groupement est fixé, que consiste la satisfaction du besoin indifférencié.

Le rejet de soufre total, pas plus que celui du soufre neutre dont on a fait depuis Folin un représentant du métabolisme endogène, ne sont nullement modifiés. Il peut donc y avoir, comme l'ont déjà vu Seuffert, Ito et Yokoyama dans le cas de couverture partielle par un mélange d'acides aminés, Terroine et ses collaborateurs dans celui des sels ammoniacaux et de la gélatine, une certaine discordance entre le métabolisme de l'azote et celui du soufre.

La créatinine reste remarquablement constante, traduisant ainsi sa complète indifférence à l'égard des variations d'intensité du métabolisme protéique endogène, indifférence sur laquelle Terroine et Danmanville ont fortement insisté.

PHYSIOLOGIE. — *Considérations générales sur la circulation des sangs artériel et veineux dans les cœurs à trois cavités des Vertébrés et mesure du degré de leur mélange*. Note [1] de MM. **F. Marceau** et **L. Acolat**, présentée par M. L. Bouvier

Chez les Poissons, sauf les Dipneustes, le sang veineux seul traverse le cœur. Chez les Oiseaux et les Mammifères, le sang artériel et le sang veineux traversent deux séries de cavités accolées, mais complètement séparées et il n'y a aucun mélange. Il en est tout autrement dans les cœurs des Vertébrés à un seul ventricule pour deux oreillettes (Dipneustes, Batraciens, Reptiles sauf les Crocodiles).

Les auteurs jusqu'ici se sont seulement préoccupés d'étudier les dispositions anatomiques qui empêchent un mélange complet des sangs artériel et veineux, ce qui permet une nutrition convenable des différentes parties du corps, en rapport avec leurs fonctions (la tête, par exemple, recevant

[1] Séance du 21 décembre 1931.

du sang plus oxygéné que les autres régions). Ils n'ont pas cherché, à notre connaissance, à établir la nécessité et le degré de ce mélange pour l'équilibre de la circulation et à déterminer d'une façon bien évidente les régions où il se produit.

Au cours de recherches entreprises sur cette question ([1]), il nous a semblé intéressant d'établir d'abord certains faits fondamentaux destinés à guider ces recherches.

Le cœur fonctionnant normalement, la somme des capacités des deux oreillettes en réplétion doit être égale à celle du ventricule dans le même état. Si les oreillettes avaient une capacité égale, ou bien le mélange pourrait être évité, ou bien il pourrait se faire dans une proportion quelconque tant dans le ventricule qu'à l'origine des gros troncs artériels qui en partent. Or il n'en est pas ainsi et depuis longtemps a été observée l'inégalité de volume des oreillettes, qui résulte de l'inégalité du nombre et des sections des vaisseaux sanguins y aboutissant.

Nous nous proposons de décrire dans cette Note une méthode de mesure des proportions du mélange du sang artériel avec le sang veineux dans le ventricule, au niveau de l'origine des troncs artériels qui en partent. Ces proportions dépendent évidemment du rapport des volumes des oreillettes, mais des dispositions anatomiques spéciales ou des particularités dans la contraction de telle ou telle partie du cœur interviennent pour déterminer tel ou tel degré de mélange suivant les régions.

Dans un cas extrême qui ne se trouve probablement jamais réalisé dans la nature, le mélange du sang artériel et du sang veineux est complet et tous les vaisseaux issus du ventricule reçoivent le même mélange.

En général, ainsi que les auteurs l'ont déjà signalé, il ne se produit qu'un mélange très incomplet et, par ordre de richesse croissante en sang artériel, on peut classer ainsi les vaisseaux issus du ventricule : artère pulmo-cutanée, crosses aortiques (Batraciens), ou artère pulmonaire, crosse gauche, crosse droite irrigant spécialement la tête et les membres antérieurs quand ils existent (Reptiles).

La méthode consiste à créer une double circulation artificielle dans le cœur avec du liquide de Ringer-Locke, ce liquide arrivant par la veine cave inférieure et la veine pulmonaire, les veines caves supérieures ayant été liées pour ne pas trop compliquer l'expérience assez délicate à réaliser avec les animaux de petite taille. Les vaisseaux issus du ventricule sont

([1]) L. Acolat, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 767 et 849.

dénudés sur une certaine longueur quand cela est possible, ou l'on y adapte de petites canules en verre quand ils sont trop courts, pour recueillir les liquides qui en sortent.

L'alimentation est réglée avec soin à l'aide de deux flacons de Mariotte à débit constant, de telle sorte que le cœur ainsi irrigué batte dans les conditions normales (en particulier que les deux oreillettes conservent leur volume normal et ne soient pas distendues). Le liquide arrivant dans l'oreillette gauche est coloré à l'aide de bleu de méthylène et représente le sang artériel. Après un quart d'heure on arrête l'expérience et l'on mesure les débits : D et d des deux flacons de Mariotte, évidemment proportionnels aux capacités des oreillettes droite et gauche en réplétion, δ_1 le débit de l'artère pulmonaire, δ_2 celui de la crosse gauche, δ_3 celui de la crosse droite. Si la circulation a été faite sans perte de liquide, on a évidemment

$$(1) \qquad D + d = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3.$$

A l'aide d'un colorimètre de précision on détermine les intensités en couleur bleue i_1, i_2, i_3, proportionnelles aux richesses en sang artériel, des débits δ_1, δ_2, δ_3 par rapport à celle du liquide d. Le calcul conduit à la relation

$$(2) \qquad d = i_1\delta_1 + i_2\delta_2 + i_3\delta_3,$$

qui permet une deuxième vérification.

Au lieu de bleu de méthylène, on peut employer du ferrocyanure de sodium qui ne modifie pas les battements du cœur et après l'expérience le précipiter à l'aide d'un sel ferrique. Les précipités sont faits dans trois tubes étroits et calibrés : les masses des précipités, évidemment proportionnelles aux volumes de sang artériel dans les différents débits, le sont aussi aux hauteurs h_1, h_2, h_3 dans les tubes. En mesurant dans les mêmes conditions la hauteur H du précipité obtenu avec un volume d du liquide primitif, on a comme vérification $H = h_1 + h_2 + h_3$ qui est analogue à celle de la relation (2). Cette méthode des précipités est plus précise que la méthode calorimétrique, mais l'emploi du bleu de méthylène permet de suivre la marche du sang artériel dans le ventricule, quand ses parois ne sont pas trop épaisses, et dans les gros troncs artériels.

PHYSIOLOGIE. — *Des bilans azotés chez les rats blancs soumis aux régimes ovalbumine-graisse, ovalbumine-glucides.* Note [1] de MM. **F. Maignon** et **M. A. Chahine**, présentée par M. E. Leclainche.

Nous avons montré [2] que les rats blancs soumis aux régimes ovalbumine-graisse présentent des périodes de fixité de poids et des survies beaucoup plus longues que ceux soumis aux régimes ovalbumine-glucides, que la ration comporte ou non des vitamines.

L'un de nous a conclu de ces résultats à la supériorité des graisses sur les glucides dans l'utilisation des protéines [3].

Nous avons cherché à apporter des précisions nouvelles à l'étude de cette question en déterminant les bilans azotés sur des rats blancs nourris à l'aide de mélanges ovalbumine-graisse, ovalbumine-glucides, additionnés d'éléments minéraux (mélange salin d'Osborne et Mendel) et de vitamines A et B.

Nous avons suivi, dans ces expériences, la technique décrite par F. Maignon et J. Vimeux (période de préparation alimentaire d'une dizaine de jours, jusqu'à obtention de la fixité de poids; cages du type Mac Collum pour la récolte de l'urine et des excréments; défalcation de la petite quantité d'ovalbumine qui peut passer dans l'urine, avec les animaux qui entraînent leur nourriture hors de la mangeoire; durée de l'expérience, cinq à sept jours; détermination de l'azote urinaire et fécal par la méthode de Kjeldhal; dosage de l'ammoniaque par la méthode au formol de Rouchèse; traitement de la totalité des excréments).

On ne doit retenir que les expériences dans lesquelles le poids de l'animal n'a pas sensiblement varié. Il faut également que les quantités d'azote assimilé soient égales pour les rats à graisse et à glucides, les rations étant isodynames, ainsi que les quantités de substances ternaires.

Les résultats de ces expériences ont été les suivants :

---

(1) Séance du 21 décembre 1931.

(2) F. Maignon, *Étude comparative de l'influence des hydrates de carbone et des graisses sur le pouvoir nutritif des protéines alimentaires* (*Comptes rendus*, 167, 1918, p. 172).

(3) F. Maignon et M.-A. Chahine,, *Influence de l'addition de vitamines sur les périodes de fixité de poids et de survie chez les rats blancs soumis aux régimes ovalbumine-graisse, ovalbumine-glucides* (*C. R. Soc. Biol.*, 108, 28 novembre 1931).

Ration contenant une forte proportion de substances ternaires : ovalbumine 1-*saindoux* 2 ; *ovalbumine* 1-*glucides* 4.

Dans ces expériences, le bilan s'est montré sensiblement le même dans les deux cas; équivalence ou léger avantage en faveur, tantôt des graisses, tantôt des glucides.

Ration contenant une faible proportion de substances ternaires : ovalbumine 1-*saindoux* 0,5; *ovalbumine* 1-*glucides* 1.

Dans sept expériences, portant sur des animaux qui avaient ingéré et assimilé des quantités sensiblement égales d'azote et dont les poids avaient très peu varié, les bilans ont montré sept fois sur sept, et pour tous les animaux, un avantage marqué en faveur de la graisse, soit que le bilan fut positif avec la graisse et négatif avec les glucides, soit qu'il fut beaucoup plus négatif avec les glucides qu'avec la graisse.

Ces résultats s'interprètent facilement si l'on admet, avec Falta et Gigon, que l'action d'épargne exercée par les hydrates de carbone vis-à-vis de la destruction d'albumine, chez les sujets inanitiés, action d'épargne qui n'existe pas avec les graisses, tient à ce que l'organisme non alimenté doit élaborer un minimum d'hydrates de carbone nécessaire, et cela aux dépens d'une certaine quantité de protéine détruite en supplément de l'usure, dans l'impossibilité où se trouvent les graisses, ou plus exactement les acides gras, de fournir ces glucides.

D'après cela, avec les rations ovalbumine-graisse, une certaine partie de l'ovalbumine doit être détruite en vue de former le minimum d'hydrates de carbone nécessaire,. l'autre partie seule étant utilisée à la réparation de l'usure, c'est-à-dire à la protéosynthèse. Avec les rations ovalbumine-glucides, lorsque la quantité de glucides ingérée est égale ou supérieure au minimum nécessaire, la totalité de l'ovalbumine demeure libre pour la protéosynthèse.

Si le rendement nutritif des protéines, en vue de la protéosynthèse, était le même avec la graisse et les glucides, les rations ovalbumine-glucides devraient toujours donner un bilan azoté meilleur que les rations ovalbumine-graisse; or ce n'est pas le cas. Nous avons vu que, pour les rations à forte proportion de protéine, le bilan azoté est au contraire toujours meilleur avec la graisse.

Ce résultat ne peut s'expliquer que par un meilleur rendement, avec la graisse, de la partie de l'ovalbumine utilisée à la protéosynthèse. L'économie de ce meilleur rendement dépasserait en importance l'excès de destruc-

tion protéique exigé avec la graisse, pour la production du minimum de glucides nécessaire.

Avec les rations ovalbumine 1, graisse 2; ovalbumine 1, glucides 4, le bilan est aussi bon d'un côté que de l'autre, graisse et glucides semblent s'équivaloir. On peut admettre dans ce cas que l'économie résultant du meilleur rendement avec la graisse est exactement compensée par la nécessité d'une destruction supplémentaire de protéine, en vue de produire le minimum de glucides nécessaire.

Il est logique d'admettre que l'avantage des graisses sur les glucides soit d'autant plus marqué que la proportion de substances ternaires, dans la ration, est plus faible et par conséquent l'utilisation des protéines plus difficile, ne serait-ce que par l'apparition du facteur toxicité.

Au contraire, lorsque la ration renferme un grand excès de substances ternaires, ovalbumine 1, graisse 3; ovalbumine 1, glucides 6 ou 7, par exemple, on conçoit que, l'avantage des graisses diminuant, l'action d'épargne puisse arriver à l'emporter et le bilan devenir meilleur avec les glucides qu'avec les graisses. Ainsi s'expliqueraient les résultats obtenus par certains auteurs.

Conclusions. — Les graisses interviennent favorablement dans le métabolisme azoté et permettent un meilleur rendement nutritif des protéines en vue de la protéosynthèse.

PHARMACODYNAMIE. — *Influence de la nitration et de l'amination sur les propriétés physiques et physiologiques de la méthylphénylmalonylurée (rutonal) et de l'éthylphénylmalonylurée (gardénal ou luminal).* Note [1] de MM. **A. Leulier** et **F. Postic**, présentée par M. H. Vincent.

En 1924 Ranwez [2] proposa comme moyen de diagnose de la phényléthylmalonylurée de la transformer en azoïque coloré après nitration, amination, diazotation et copulation avec divers phénols. Il a isolé et caractérisé les dérivées nitrés du gardénal, mais non le dérivé aminé. Nous avons repris ses expériences, que nous confirmons en ce qui concerne la nitration, mais nous avons, à partir du dérivé nitré, préparé un dérivé aminé par

[1] Séance du 21 décembre 1931.

[2] Ranwez, *Réactions caractéristiques du luminal* (*Journal de Pharmacie de Belgique*, 6, 1924, p. 410 et 450).

réduction du premier à l'aide de l'étain et de l'acide chlorhydrique (technique de Roussin). De plus, nous avons appliqué les mêmes réactions au dérivé méthylé connu sous le nom de rutonal. Nous avons ainsi préparé les corps suivants :

	P. F.	
Nitrophényléthylmalonylurée............	278°	(nitrogardénal)
Aminophényléthylmalonylurée..........	213°	(aminogardénal)
Nitrophénylméthylmalonylurée..........	218°	(nitrorutonal)
Aminophénylméthylmalonylurée	226°	(aminorutonal)

Les dosages d'azote nous ont permis de les caractériser comme étant des dérivés mononitrés et monoaminés, comme aussi la facile transformation de ces derniers en aniline par distillation sèche en présence de potasse solide (¹).

En préparant ces corps, notre but a été de déterminer les influences des substitutions nitrée et aminée d'abord sur le coefficient de partage et ensuite sur les propriétés hypnotiques. Jusqu'ici cette étude avait été poursuivie surtout dans le sens de l'accroissement du poids moléculaire des substituants neutres aliphatiques ou aromatiques et en fonction de l'indice d'iode des lipides utilisés comme solvants (²).

Voici les résultats obtenus en ce qui concerne le coefficient de partage entre l'eau et l'huile d'olives. Les chiffres sont une moyenne de trois déterminations concordantes :

Gardénal....................................	1,65
Nitrogardénal................................	0,47
Aminogardénal..............................	0,048
Rutonal......................................	0,71
Nitrorutonal.	0,10
Aminorutonal................................	0,04

L'introduction, dans la molécule des deux hynoptiques, d'une fonction nitrée ou aminée abaisse donc considérablement le coefficient de partage, et plus particulièrement la fonction aminée, qui par ailleurs augmente la solubilité dans l'eau distillée dans des proportions considérables ($1^g,94$ pour 1000 pour l'aminogardénal et $3^g,45$ pour 1000 pour l'aminorutonal à + 14-15°). Or, à cette variation du coefficient de partage correspond

(¹) Les détails techniques paraîtront prochainement dans la Thèse de l'un de nous.

(²) L. Velluz, *Sur les propriétés biochimiques des liaisons éthyléniques* (Thèse pour le doctorat ès Sciences, Lyon, 1928).

la disparition totale des propriétés hypnotiques. En effet, à des doses de $0^g,25$ à $0^g,50$, les dérivés nitrés et aminés ne provoquent pas de narcose chez le cobaye de poids variant entre 350 et 500^g alors que des doses de $0^g,10$ des hypnotiques eux-mêmes amènent un sommeil profond suivi le plus souvent de coma. Il convient de noter que les composés aminés déterminent une chute thermique de $0^\circ,7$ environ, alors que les corps nitrés paraissent inactifs à ce point de vue.

En résumé, la substitution nitrée ou aminée du noyau benzénique des hypnotiques du groupe des phénylmalonylurées abaisse le coefficient de partage et fait disparaître les propriétés hypnophores. Les dérivés aminés, par contre, se révèlent légèrement hypothermisants, mais de façon beaucoup moins intense que les hypnotiques primitifs agissant à dose toxique.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Action morphogène de la bétaïne sur les œufs et les larves d'Oursin.* Note [1] de M. **Georges Bohn** et de Mme **A. Drzewina**, présentée par M. L. Bouvier.

L'étude de l'action de l'argent métallique sur divers organismes marins et d'eau douce, que nous poursuivons depuis plusieurs années, nous a amenés à rechercher des substances susceptibles d'inhiber ou au contraire d'exalter cette action ; les aminoacides (glycocolle, alanine, leucine) sont dans le premier cas ; les bétaïnes dans le dernier. Nous avons montré, dans dans une Note récente, comment se manifeste l'effet conjugué de l'argent et de l'alanine [2]. Dans cette Note nous voulons montrer les effets, sur les œufs et les larves d'Oursin, de la bétaïne employée seule, ces effets nous paraissant intéressants à divers égards pour la mécanique embryonnaire.

Des solutions de phényldiméthylbétaïne dans l'eau de mer, de N/1000 à N/10, ne sont guère toxiques (de beaux cristaux de cette bétaïne ont été obligeamment mis à notre disposition par M. Freundler) ; mais, de N/10 à N/5, il y a une sorte de zone limite, en ce sens qu'à l'intérieur de cette zone les effets de la bétaïne, sur les œufs d'Oursin, sont manifestes, tant au point de vue morphologique que physiologique ; mais que, aussitôt cette zone dépassée, vers les concentrations plus élevées, ou vers les plus faibles, l'effet est mortel ou bien il est nul. Cette zone correspond, si l'on veut, à ce qu'en pharmacodynamie on appelle la zone maniable.

---

(1) Séance du 21 décembre 1931.

(2) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 491.

Quand on porte dans une solution de bétaïne N/5 des œufs de *Strongylocentrotus lividus* (ces recherches ont été faites au Laboratoire maritime de Roscoff) fécondés depuis 10 minutes, ils ne se segmentent pas, mais prennent petit à petit un aspect craquelé, bosselé, et finalement se cytolysent, comme après une tentative avortée de segmentation. Il en est de même dans N/6, sauf qu'on y rencontre quelquefois, assez rarement, des ébauches du stade de deux blastomères; dans N/7, des œufs qui tentent de se diviser en deux et même en quatre ne sont pas rares, mais ces tentatives de division n'en aboutissent pas moins à la cytolyse. Dans des solutions N/8 de bétaïne, les segmentations sont plus nombreuses et mieux dessinées; dans N/9, la grande majorité des œufs se segmentent, plus ou moins irrégulièrement. Enfin, dans N/10, la segmentation, qui s'étend à la presque totalité des œufs, est beaucoup plus régulière.

Vers la limite supérieure de la zone maniable, pour des valeurs voisines de N/10, on observe fréquemment un phénomène très curieux. Les deux premiers blastomères, une fois formés, continuent à se segmenter de façon en quelque sorte indépendante : non seulement avec des vitesses différentes, mais encore suivant des vecteurs différents. Il en résulte deux morulas, puis deux blastulas à l'intérieur de la même membrane, diversement orientées l'une par rapport à l'autre, plus ou moins accolées et légèrement aplaties au niveau où elles s'affrontent. Ces blastules jumelles, parfaitement mobiles à l'intérieur de leur coque commune, sont notablement plus petites et ont une cavité de segmentation beaucoup plus réduite que les blastulas normales. Quand elles éclosent, elles restent réunies plus ou moins longtemps, puis se séparent ou se cytolysent. Mais les cas où elles parviennent au stade gastrula plus ou moins âgées ne sont pas rares. Cette genèse des larves doubles par suite d'un défaut de synchronisme dans la segmentation des premières blastomères, la proportion élevée de larves doubles ainsi produites et la facilité avec laquelle on les obtient par le procédé que nous indiquons sont intéressants pour l'étude du problème des potentialités de l'œuf.

Mais l'effet de la bétaïne se manifeste d'une autre façon encore, non moins caractéristique; seulement, le traitement est cette fois appliqué à des gastrulas, alors que dans les expériences ci-dessus il s'agissait d'œufs venant d'être fécondés. Quand on soumet des gastrulas d'Oursin à des solutions de bétaïne de plus en plus faibles, N/10, N/20, N/50, N/100, on constate que dans ces dernières elles évoluent à peu près comme les témoins. Il n'en est pas de même des gastrulas traitées par des solutions N/20 et surtout N/10. Leur différenciation n'est pas arrêtée, et, dès le lendemain, tout comme les

témoins, elles sont au stade pluteus, avec tube digestif triparti et squelette de pluteus. Mais, ce qui les distingue, c'est tout d'abord leur taille naine : toutes les gastrulas traitées sont, dès lendemain, des pluteus moitié plus petits que les témoins. C'est, ensuite, la disproportion entre les parties aborale et orale : alors que, chez les témoins, le corps est beaucoup plus long que les bras, chez les pluteus à la bétaïne, c'est le contraire. La taille naine, le corps très court par rapport aux bras, les bras oraux réunis en une lame longue et large formant une sorte d'auvent, enfin, sur les préparations au nitrate d'argent des pluteus *in toto*, les dimensions très réduites des cellules ectodermiques, sont autant de signes distinctifs des pluteus à la bétaïne.

En résumé, à certaines doses, la bétaïne permet d'obtenir, aux dépens des œufs, des larves doubles ; aux dépens des gastrulas, des pluteus nains d'aspect caractéristique.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Recherche de l'indoxyle (indican) dans les laits de vache et de chèvre.* Note [1] de M. **Ch. Hervieux**, présentée par M. E. Leclainche.

Nous savons que les urines de l'homme et des animaux renferment normalement des chromogènes de nature indoxylique, d'origine intestinale.

Chez nos grands animaux domestiques, cette excrétion urinaire d'indoxyle est particulièrement abondante. Le sang lui-même renferme toujours de notables quantités d'indoxyle et d'indol, ainsi que nous l'avons mis en évidence [2].

Il nous a paru digne d'intérêt de rechercher si, à l'état physiologique, un produit de sécrétion comme le lait pouvait contenir des composés dérivant des putréfactions intestinales, en particulier des chromogènes indoxyliques. La question était d'autant plus attrayante que certains auteurs n'admettaient pas le passage normal de l'indoxyle (indican) dans le lait.

Porcher [3] dit : « On pourrait penser qu'il serait possible d'en déceler le passage (des chromogènes indoliques) dans le lait pendant la période de pleine activité de la mamelle. Il n'en est rien. »

---

(1) Séance du 21 décembre 1931.
(2) *C. R. Soc. Biol.*, 56, 1904, p. 622.
(3) *C. R. Soc. Biol.*, 63, 1907, p. 468.

Cependant les laits normaux de vache et de chèvre nous ont constamment donné les réactions, si sensibles, de ces chromogènes. Ceci n'a pas lieu de nous surprendre, étant donné que les putréfactions intestinales sont très intenses chez ces animaux et que l'indican est un cristalloïde.

Dans nos recherches nous avons utilisé la réaction au thymol, donnée par Jolles (¹) pour l'urine.

Les laits étaient d'abord débarrassés de leurs matières albuminoïdes (caséine, lactoglobuline, lactalbumine), puis les filtrats obtenus traités par les réactifs, soit directement, soit après concentration au bain-marie à faible volume.

Nous avons utilisé les deux procédés de défécation suivants :

1° Le lait est traité par son volume d'acide trichloro-acétique au cinquième. Le filtrat est toujours limpide.

2° Le lait est emprésuré, après avoir été additionné de quelques gouttes d'acide acétique dilué. Après un long repos, on filtre sur étamine; le liquide est louche car il renferme toujours des matières protéiques. On le concentre au bain-marie, en présence d'un peu de carbonate de chaux, puis on précipite par plusieurs volumes d'alcool fort,

A la suite de recherches préliminaires nous avons opté pour la défécation à l'acide trichloro-acétique.

Technique. — 100^{cm^3} de lait sont additionnés de 100^{cm^3} d'acide trichloro-acétique au cinquième. Après repos, on filtre. Le filtrat est limpide; on en recueille 100^{cm^3} auxquels on ajoute 10^{cm^3} d'une solution alcoolique de thymol à 5 pour 100. La réaction se fait dans une longue éprouvette à pied. Le mélange est trouble; on le traite par son volume (soit 110^{cm^3}) d'acide chlorydrique fumant renfermant 5^g de chlorure ferrique officinal par litre. On laisse au repos au moins pendant une heure, puis on ajoute dix gouttes de chloroforme. On agite de temps en temps, avec précaution, afin d'éviter les émulsions persistantes du dissolvant. Celui-ci se rassemble à la partie inférieure de l'éprouvette, en présentant une teinte mauve ou violacée. La coloration s'accentue avec le temps, car la réaction est lente à se produire. Cette coloration est caractéristique de l'indoxyle dans le lait.

Résultats. — Nos recherches ont porté sur vingt-cinq échantillons de laits normaux, individuels ou mélangés ; tous sans exception nous ont donné des colorations rouge-violacées plus ou moins intenses. Il arrive parfois que l'émulsion du chloroforme empêche la perception de la couleur ; il faut alors recourir à la centrifugation, après décantation du liquide acide surnageant.

La coloration est très stable vis-à-vis de l'acide chlorhydrique ; elle persiste huit jours et même plus.

Le chloroforme décanté, puis lavé à l'eau, devient rouge saumon. Si on

(¹) *Zeitschrift für physiologische Chemie*, 95, 1915, p. 29.

le traite par de la soude au millième, il conserve cette teinte, en devenant opalescent. Maintenant, si on le réacidifie par l'acide chlorhydrique, il reprend sa coloration violacée.

Après évaporation du dissolvant, il reste un enduit brunâtre, ne donnant aucune vapeur violette d'indigo.

La couleur chloroformique ne donne pas de spectre net.

Mécanisme de formation. — La couleur qui s'est formée dans la réaction appartient au groupe des indogénides, mais ce n'est pas un indigoïde, au sens que lui attribue Friedländer. L'indoxyle, mis en liberté, réagit sous la forme de pseudo-indoxyle et le thymol, en milieu acide oxydant, réagit sous la forme d'une cétone terpénique dérivant du γ-terpinène de Wallach. De la copulation de ces deux corps résulterait une indolinone-2-terpinénone-6 de Jolles (1)

$$
\begin{array}{ccccc}
 & & & CH^3 & \\
 & & & | & \\
 & & & C \quad CH & \\
C^6H^4\left\langle\begin{array}{c}CO\\NH\end{array}\right\rangle C & = & C_6\left\langle\begin{array}{c}1 \quad 2\\5 \quad 4\end{array}\right\rangle_3 & CO. & \\
 & & & CH \quad C & \\
 & & & \quad\; | & \\
 & & & \quad C^3H^7 &
\end{array}
$$

La quantité d'indoxyle trouvée dans les laits mis en expérience est toujours faible. Nous n'avons pas essayé de la doser, car le maximum de teinte ne se produit souvent qu'après plusieurs jours.

Conclusions. — Ces recherches démontrent que la cellule mammaire, en activité physiologique, laisse passer l'indican (indoxylsulfate de potassium) parmi les principes qui lui sont apportés par le sang. Quelques auteurs n'admettent pas le passage, à l'état normal, des chromogènes indoxyliques dans le lait.

Ainsi Porcher (2), à la suite d'une administration d'indol à la chèvre, conclut en disant : « ... dans les conditions normales, et si excessive que soit l'élimination urinaire des chromogènes correspondant à l'indol et au scatol chez une femelle laitière, on ne trouvera jamais trace de ces derniers dans le lait de cet animal. »

Nous venons de montrer, au contraire, que ceux-ci s'y rencontrent constamment à l'état physiologique.

---

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 63, 1907, p. 469.

(2) *Zeitschrift für physiologische Chemie*, 94, 1915, p. 79.

PROTOZOOLOGIE. — *La conception des Ciliés apostomes* (Fœttingeriidés + Opalinopsidés). *Preuves de sa validité.* Note (1) de MM. **Édouard Chatton** et **André Lwoff**, présentée par M. F. Mesnil.

En 1928 (*Comptes rendus*, 186, p. 1382), nous avons exposé une série de faits qui nous ont amenés à rapprocher des Ciliés Fœttingeriidés, essentiellement et primitivement phorétiques sur les Crustacés, à bouche réduite, mais fonctionnelle, les Opalinopsidés, parasites viscéraux des Céphalopodes, à bouche complètement oblitérée et à réunir ces deux familles en un nouveau sous-ordre des Holotriches : les *Apostomea*. Par ce nom nous entendions que les uns et les autres sont dérivés d'Holotriches à bouche normale et surtout que la régression de la bouche n'est pas là le résultat d'une convergence due à l'influence du parasitisme sur deux séries évolutives distinctes, mais l'expression d'une origine commune, d'une parenté réelle.

Aux faits rapportés alors, que nous rappellerons brièvement ci-dessous, nous en ajouterons qui constituent, à nos yeux, la preuve de cette parenté, et par conséquent de la validité de la conception des Apostomes, telle qu'elle est définie ci-dessus.

Les principaux faits antérieurement produits sont :

1° Le réseau chromatique énigmatique de la *Chromidina*, justement rapproché de celui de la *Fœttingeria* par Caullery et Mesnil dès 1903, est un macronucléus;

2° Les Opalinopsidés possèdent, comme les Fœttingeriidés, un micronucléus et un seul;

3° Le soi-disant bourgeonnement caténulaire de la *Chromidina* est, comme l'a dit Dobell, une segmentation, disons : une *palintomie* identique à la palintomie de la *Polyspira;*

4° Les petits individus ou tomites issus de cette palintomie ont, comme les tomites des Fœttingeriidés, une tendance à la détorsion de la ciliature et à la condensation du macronucléus;

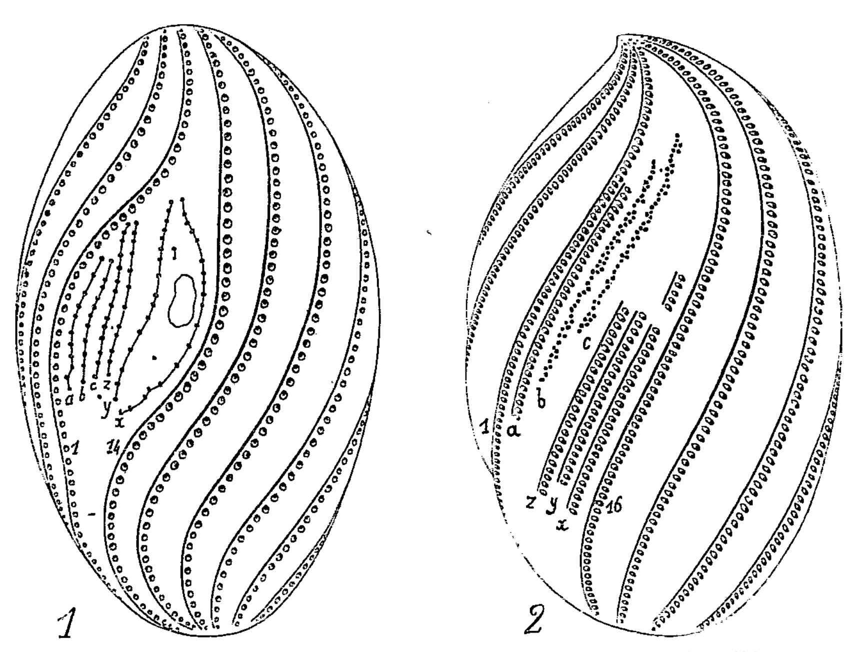
5° Leur résistance à l'eau de mer, contrastant avec la labilité des formes végétatives ou trophontes, montre qu'ils sont seuls capables de porter l'infection de Céphalopode à Céphalopode, et qu'ils sont, par conséquent, comme les tomites des Fœttingeriidés, des formes d'essaimage;

---

(1) Séance du 21 décembre 1931.

6° Quant à la bouche, nous devions nous contenter d'affirmer, contre Gonder (1905) et contre Dobell (1909), qu'elle n'existe pas chez le trophonte.

La première série de faits nouvellement acquis a trait à l'apparition d'une bouche rudimentaire, ou plutôt vestigiale, chez les formes d'essaimage ou tomites de la *Chromidina*, preuve positive de son absence chez la forme trophique.. Elle apparaît ici au stade même du cycle où, chez les Fœttingeriidés, elle est restituée après la palintomie, pendant



1, tomite de *Chromidina*; 2, protomite de *Spirophrya* (Foettingeriidé).

laquelle elle s'oblitère. Et elle apparaît à la même place, vers l'équateur du corps. Et sa ciliature se compose aussi de 6 stries (x, y, z et a, b, c) (*fig.* 1 et 2). La seule différence est que, chez les Fœttingeriidés, les stries x, y, z, sont permanentes, se continuant à travers les divisions par élongation, tandis que, chez la *Chromidina*, elles sont reformées sur chaque tomite par délinéation d'une strie (strie stomatogène ou strie I) de la ciliature générale, laquelle, chez la *Chromidina elegans* de *Sepia elegans*, comprend 14 stries. Mais le fait que, chez les Fœttingeriidés, la strie a est tantôt permanente, tantôt récessive et délinéée par I, enlève toute importance à cette différence.

Il importe de souligner que, chez la *Chromidina*, comme chez les Fœttin-

geriidés, la bouche réapparaît au début d'une phase (tomite) où le Cilié ne se nourrit pas, où il nage à la rencontre d'un hôte, et passe sur celui-ci à un état de latence prolongée (phoronte).

Mais quand on saura que le tomite est le stade qui, seul, a conservé les attributs et la mobilité des formes libres, on s'explique qu'il puisse aussi en avoir gardé la bouche, ceci, à condition de ne pas vouloir accorder trop d'importance morphogène au non-usage.

La seconde série de faits nouveaux concerne précisément l'un des attributs que le tomite tient de la forme originelle : une armature de trichocystes, organites très répandus chez les Ciliés libres et qui, à l'exception des Fœttingeriidés, font défaut chez les parasites. Chez les Fœttingeriidés même, il n'y en a, chez les formes végétatives ou trophontes, que chez un certain nombre de genres (*Polyspira*, *Gymnodinioïdes* et genres voisins, *Fœttingeria*). Mais, chez toutes, ils existent chez le tomite où ils se forment toujours *de novo* à partir des stries ciliaires, et dont ils sont un des attributs caractéristiques. Chez la *Chromidina*, où ils n'avaient pas été vus jusqu'ici, ils font complètement défaut dans la région antérieure, trophique, de l'individu, mais apparaissent dans son tiers postérieur au moment où celui-ci va se détacher et se segmenter en tomites. Dans ceux-ci, ils forment sous chaque strie ciliaire une armature en palissade très dense, identique en tous points à celle que nous avons récemment fait connaître chez les Fœttingeriidés.

Les deux séries de faits ci-dessus ne concernent que la *Chromidina*. Nous n'avons pu mettre en évidence, chez l'*Opalinopsis*, ni vestige buccal, ni trichocystes. Mais nous ne connaissons de l'*Opalinopsis* que les trophontes à division binaire qui se multiplient dans l'hôte, et rien qui corresponde aux formes d'essaimage ou tomites.

Ainsi, aux caractères que présentent en commun les formes végétatives, modifiées par le parasitisme, des Fœttingeriidés et de la *Chromidina*, s'ajoutent des caractères ancestraux, à la fois précis et spéciaux, portés par les formes libres d'essaimage, et qui démontrent l'origine commune de ces Infusoires. On peut donc admettre que la réduction de leur bouche est liée à leur constitution foncière et qu'elle est l'expression d'une tendance spontanée, orthogénétique, à l'astomie et dont seule, le passage de la vie libre à la vie parasitaire pouvait pallier les effets quant à la conservation des espèces.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la durée de conservation des solutions de tuberculine.* Note [1] de M. E. **Fernbach**, présentée par M. E. Roux.

Si la plupart des auteurs sont d'accord pour reconnaître à la tuberculine brute une très longue durée de conservation, il n'en est pas de même en ce qui concerne la tuberculine diluée.

D'après Brauer, Schröder et Blumenfeld [2], les solutions au $\frac{1}{10}$ et au $\frac{1}{100}$ se conservent sûrement actives pendant quelques semaines, la solution au $\frac{1}{10}$ peut-être un peu plus longtemps.

E. Löwenstein [3] dit qu'on peut employer une solution de tuberculine encore après quelques semaines, si on la prépare avec de l'eau physiologique contenant 0,5 pour 100 d'acide phénique.

Enfin, d'après Calmette [4], les solutions de tuberculine brute dans l'eau phéniquée à 5 pour 1000 auraient perdu environ la moitié de leur pouvoir toxique après deux semaines.

Chargé de la préparation de la tuberculine à l'Institut Pasteur, un de nos premiers soins, en janvier 1907, fut de mettre en réserve un certain nombre de tubes de tuberculine diluée (solution à $\frac{1}{8}$, dans l'eau phéniquée à 5 pour 1000, de tuberculine brute, tuant elle-même à la dose de $0^{g},25$ le cobaye tuberculeux, de 5 à 6 semaines, en moins de 24 heures).

Cette tuberculine diluée, éprouvée le 10 janvier 1907, tue un cobaye inoculé le 23 novembre par la race L, en 8 heures à la dose de 2^{cm^3}. Beau tableau tuberculinique.

Une première épreuve, pratiquée le 23 octobre 1913 avec un des tubes de janvier 1907, donna un résultat nettement positif sur un cobaye inoculé le 19 septembre par la race Burnet. Mort en 7 heures, nettement tuberculeux, tableau tuberculinique classique.

On pouvait donc conclure qu'en 5 ans et 10 mois, tout près de 6 ans, cette tuberculine n'avait rien perdu de sa force. Nous considérions alors cette durée de conservation comme très suffisante pour les besoins de la pratique vétérinaire.

Aujourd'hui, après bientôt 25 ans de conservation, il nous a paru inté-

(1) Séance du 21 décembre 1931.

(2) *Handbuch der Tuberkulose*, 2, 1923, p. 408.

(3) *Handbuch der Pathog. Mikroorg.*, 5, 2e Partie, 1928, p. 938.

(4) *L'infection bacillaire chez l'Homme et chez les Animaux.*

ressant d'éprouver de nouveau la même tuberculine diluée. Voici les résultats.

1° Un cobaye inoculé le 1er novembre par une tuberculose humaine, reçoit le 16 novembre 2^{cm^3} par voie sous-cutanée.

Mort en moins de 12 heures. Beau tableau tuberculinique, bien que les lésions soient peu avancées (les grandes lésions de dégénérescence fibro-caséeuses de la rate font défaut : on n'y trouve que des granulations grises).

2° Un deuxième cobaye, inoculé par la race Vallée le 9 octobre, est éprouvé le 23 novembre par 2^{cm^3} de la même tuberculine. Il meurt en 10 heures avec un tableau tuberculinique à phénomènes congestifs un peu moins prononcés que chez le cobaye n° 1.

Pas très avancé comme lésions tuberculeuses.

Nous pouvons donc affirmer qu'après 25 ans, la tuberculine, diluée au taux indiqué ci-dessus, à l'abri de toute ingérence microbienne, n'a presque rien perdu de son activité. L'effet est un peu moins foudroyant, mais elle tue néanmoins le cobaye tuberculeux, toujours à la même dose. Elle a été conservée à l'obscurité, en tubes scellés et stérilisés, à une température ne dépassant pas 20°. Le pH de cette solution de tuberculine, mesuré à l'appareil Hellige, est de 5,4. Une solution fraîche indique 5,8. Il se serait donc produit, au cours du temps, une légère acidification sans influence grave sur le pouvoir toxique.

MICROBIOLOGIE. — *Contribution à l'étude de la multiplication microbienne. Modifications apportées à la composition de différents milieux de culture liquides par le croît microbien (bacille pyocyanique).* Note (1) de MM. **Jean Régnier** et **Robert David**, présentée par M. A. Desgrez.

Continuant nos recherches antérieures (2), nous avons voulu rechercher quelles étaient les modifications physiques ou chimiques produites par la multiplication d'un bacille pyocyanique dans différents milieux de culture liquides. Par cette étude, nous espérions notamment obtenir quelques renseignements sur les causes qui provoquent l'arrêt de la multiplication bactérienne vers le deuxième jour de la culture.

(1) Séance du 21 décembre 1931.

(2) Voir *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1119.

MILIEUX DE CULTURE UTILISÉS.

pH (Clark et Lubs).		Tension superf. (nb. de gouttes pour 5cm³).		Carbone (méthode de Desgrez).			Azote total (Kjeldahl).			Azote ammoniacal (Schlœsing-Mestrezat).		
Milieu stérile.	Culture filtrée.	Milieu stérile.	Culture filtrée.	Milieu stérile.	Culture filtrée.	Quantité utilisée.	Milieu stérile.	Culture filtrée.	Quantité utilisée.	Milieu stérile.	Culture filtrée.	Quantité formée.
					I. — Eau peptonée salée.							
7,2	8,2	118	110	4,30	4,06	0,24	1,51	1,30	0,21	0,06	0,33	0,27
					II. — Liquide obtenu par macération de 500g de viande pour 1l d'eau distillée.							
6,9	8,4	122	112	4,65	4,17	0,48	1,73	1,45	0,28	0,08	0,13	0,05
					III. — Bouillon peptoné salé.							
7,0	8,4	129	116	9,59	8,81	0,78	3,63	3,29	0,34	0,15	0,30	0,15
					IV. — Bouillon Liebig.							
7,0	8,4	127	123	12,57	11,66	0,91	4,08	3,87	0,21	0,12	0,51	0,39
					V. — Bouillon Martin.							
7,1	8,2	137	126	7,58	6,95	0,63	3,05	2,82	0,23	0,25	0,34	0,09

MILIEUX DE CULTURE UTILISÉS.

Azote aminé [par différence entre azote amino-ammoniacal (Sörensen-Mestrezat) et azote ammoniacal].			Phosphore total (Copaux).			Soufre total (méthode à la benzidine).			Chlorures en NaCl (Charpentier-Volhard).			Nombre maximum de germes (en millions par cm³, moyennes de 4 exp.).
Milieu stérile.	Culture filtrée.	Quantité utilisée.	Milieu stérile.	Culture filtrée.	Quantité utilisée.	Milieu stérile.	Culture filtrée.	Quantité utilisée.	Milieu stérile.	Culture filtrée.	Quantité utilisée.	
					I. — Eau peptonée salée.							
0,30	0,13	0,17	0,06	0,03	0,03	0,05	0,05	–	5,55	5,55	0	3,466
					II. — Liquide obtenu par macération de 500g de viande pour 1l d'eau distillée.							
0,24	0,14	0,10	0,48	0,40	0,08	0,07	0,07	–	0,70	0,70	0	4,372
					III. — Bouillon peptoné salé.							
0,60	0,45	0,15	0,54	0,50	0,04	0,13	0,11	0,02	6,14	6,09	0,05	5,050
					IV. — Bouillon Liebig.							
0,73	0,56	0,17	0,34	0,27	0,07	0,15	0,12	0,03	6,14	6,14	0	4,380
					V. — Bouillon Martin.							
0,33	0,21	0,12	0,43	0,40	0,03	0,11	0,11	–	7,96	7,99	0	4,946

Sur des milieux liquides préparés de la façon ordinaire, neutralisés à pH 7 et stérilisés, on effectuait certaines mesures physiques (pH, tension superficielle) et l'on procédait au dosage des principaux éléments nutritifs : carbone, azote et phosphore sous différentes formes, soufre, chlorures. Après ensemencement d'une quantité uniforme (500000 germes visibles par centimètre cube) de bacilles pyocyaniques, les cultures étaient placées à 37°. Les variations du nombre des germes étaient alors déterminées à intervalles réguliers, à l'aide de la méthode de numération par ensemencement sur plaque de bouillon gélosé. A la 48e heure, au moment où le nombre des microbes était maximum, les cultures étaient filtrées sur bougie et l'on effectuait, sur le filtrat, de nouvelles mesures physiques et chimiques. Des expériences préliminaires nous avaient montré que la filtration sur bougie ne modifie pas d'une façon appréciable la composition des milieux nutritifs.

Dans le tableau ci-contre nous donnons les caractéristiques physiques, les résultats (en grammes par litre) des dosages chimiques, ainsi que les quantités de matières nutritives utilisées, ou de substance résiduelle (ammoniaque) formée. En regard, nous indiquons les nombres maxima de microbes.

Remarquons que les milieux étudiés ne renfermaient pas de proportions notables de glucose.

Ce tableau nous montre :

1° Que pour tous les milieux étudiés les variations se produisent dans le même sens. Le métabolisme du bacille pyocyanique est donc, dans tous ces milieux, *qualitativement* le même. Il se traduit, par une augmentation de la tension superficielle, une alcalinisation nette due à la formation d'ammoniaque, une diminution du carbone, de l'azote total, de l'azote aminé et du phosphore total.

La fixation du soufre, si elle existe, est faible et irrégulière. Il ne se produit pas de fixation de chlorures.

2° Que les quantités des différents éléments utilisés (carbone, azote total, azote aminé, phosphore total) ne sont pas proportionnelles aux nombres des microbes produits. Les quantités d'ammoniaque formées ne suivent pas non plus les nombres des bactéries.

Les facteurs qui gouvernent le métabolisme microbien nous échappent donc, au moins en partie.

En tout cas il apparaît indiscutablement que la multiplication microbienne s'arrête à un moment où il reste encore de grandes quantités de produits nutritifs non utilisés. L'épuisement du milieu, *au moins pour celles*

des substances qu'il nous a été possible jusqu'ici d'étudier, n'est donc pas la cause de l'arrêt de la multiplication bactérienne.

La formation d'ammoniaque ne paraît pas non plus entrer en ligne de compte.

Dans d'autres essais, effectués sur des eaux peptonées additionnées ou non de chlorure de sodium, nous avons comparé les résultats obtenus en éliminant, par filtration, les corps microbiens, soit au deuxième jour de la culture, moment où le nombre des microbes est maximum, soit au neuvième jour, c'est-à-dire à un moment où le nombre des microbes est très réduit (sensiblement 100 millions par centimètre cube, pour l'un et l'autre milieu). Nous pouvons conclure de ces essais que les variations de l'azote total, très importantes dans les deux premiers jours de la culture, deviennent nettement moins fortes dès que la multiplication bactérienne s'arrête.

Les variations de l'azote ammoniacal et de l'azote aminé se poursuivent régulièrement, le premier ne cessant de croître, le second de diminuer en tendant vers zéro.

En résumé, nous pouvons tirer les conclusions suivantes, *valables dans les conditions de nos essais*, le travail chimique produit par les bactéries n'est pas proportionnel au croît bactérien, et continue longtemps après le moment où la multiplication s'arrête; la multiplication cesse à un moment où il reste encore de grandes quantités de produits nutritifs non utilisés.

La séance est levée à 16h.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de novembre 1931.

Mathématiciens polytechniciens du XIXe *siècle*, par Maurice d'Ocagne (Extrait du *Bulletin de la Société des Amis de l'École Polytechnique*). Vannes, Imprimerie Lafolye et J. de Lamarzelle, 1931; 1 fasc. 24cm.

Tables de logarithmes des nombres et Tables de valeurs naturelles trigonométriques, par J. Guadet. Paris, Librairie Vuibert, 1931; 1 vol. 22cm,5. (Présenté par M. J. Hadamard.)

Figures de savants, par A. Lacroix. Tome I. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1932; 1 vol. 25cm,5.

Comité national de Géographie. Atlas de France. Livraison spéciale offerte aux membres du *Congrès international de Géographie de Paris*. Paris, 1931; 3 planches 50cm × 64cm.

Les poissons dévoniens du Boulonnais, par A. P. Dutertre (Extrait du *Bulletin de la Société géologique de France*, 4e série, t. XXX, 1930); 1 fasc. 25cm,5.

Les poisons du bacille tuberculeux et les réactions cellulaires et humorales dans la tuberculose. Esquisse d'une conception nouvelle des processus pathogéniques de la tuberculose, par Jean Albert-Weil. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1931; 1 vol. 24cm. (Présenté par M. F. Mesnil.)

En Las Sendas del Monstruo, par Alvaro Leonor Ochoa. Guadalajara, Tipografia Roman, P. Sanchez, 1931; 1 vol. 24cm.

Compte rendu du deuxième Congrès international du Paludisme et de la célébration du cinquantenaire de la découverte de Laveran. Alger, Secrétariat général du Congrès à l'Institut Pasteur, 1931; 2 vol. 24cm.

Formules et Tables numériques concernant les opérations financières. Conseils sur l'art de calculer. Le calcul numérique, par L. Potin. Paris, Librairie Polytechnique Ch. Béranger, 1931; 1 vol. 27cm. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

Chimie organique. Troisième partie du *Cours de Chimie*, par J. Lamirand et H. Pariselle. Paris, Masson et Cie, 1932; 1 vol. 25cm,5.

Annuaire statistique et descriptif des distributions d'eau et égouts de France, Algérie, Tunisie, Maroc et colonies françaises, Belgique, Suisse et Grand-Duché de Luxembourg, par MM. Imbeaux, Sentenac, Vicaire, Mourgnot, Joyant, Beau, Van Lint, Bétant, Peter, Glauden. Paris, Dunod, 1931; 2 vol. 25cm.

Livre d'Or du VIIe centenaire de la fondation de l'Université de Toulouse, 1229-1929. Toulouse, imprimerie et librairie Édouard Privat, 1931; 1 vol. 25cm,5.

Centenaire Paul Schutzenberger, 1929; Mâcon, Protat frères, 1931; 1 vol. 27cm.

La Commission européenne du Danube et son œuvre de 1856 *à* 1931. Paris, Imprimerie nationale, 1931; 1 vol.

Les états de Syrie. Richesses marines et fluviales. Exploitation actuelle. Avenir, par A. GRUVEL. In *Bibliothèque de la Faune des colonies françaises*. Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1931; 1 vol. $25^{cm},3$. (Présenté par M. L. Mangin.)

Les abaques à transparent orienté ou tournant. Théorie générale de la représentation plane des équations, applications à l'art de l'ingénieur, par WLADIMIR MARGOULIS. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1931; 1 vol. $27^{cm},5$.

Notes, lettres et discours d'Ernest Solvay : Vol. I. *Gravifique et Physiologie;* Vol. II. *Politique et Science sociale*. Bruxelles, Librairie Lamertin, 1929; 2 vol. $25^{cm},5$.

Union internationale de Chimie. Table internationale des poids atomiques. Premier rapport de la Commission des poids atomiques. Paris, Secrétariat général, 1931; 1 fasc. 27^{cm}.

Tables annuelles de constantes et données numériques de chimie, de physique, de biologie et de technologie : Vol. III. Années 1927-1928. Première partie. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1931; 1 vol. 27^{cm}.

Les progrès des connaissances botaniques en Algérie depuis 1830, par RENÉ MAIRE. Paris, Masson et Cie, 1931; 1 vol. 24^{cm}.

Faune des colonies françaises. Tome IV :

— *Contribution à l'étude de la Faune de Madagascar : Reptilia et Batrachia*, par F. ANGEL, fasc. V;

— *Étude sur les lagunes de la côte occidentale du Maroc*, par A. GRUVEL, fasc. VI;

— *L'élevage au Maroc*, par TH. MONOD. Fasc. VII. Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1931; 3 fasc. 25^{cm}. (Présentés par M. L. Mangin).

Figures de savants, par A. LACROIX. Tome II. Paris. Gauthier-Villars et Cie, 1932; 1 vol. $25^{cm},5$.

Catalogue of the Marine. Pliocene and Pleistocene Mollusca of California and Adjacent Regions, par U. S. GRANT, IV, et HOYT RODNEY GALE. In *Memoirs of the San Diego Society of Natural History*. Vol. I. San Diego, California Printed for the Society, 1931; $29^{cm},5$.

FIN DU TOME CENT-QUATRE-VINGT-TREIZIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE 1931.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 193.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

Z

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS ET Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,
93365-32 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.